



MODEL KLASIFIKASI POTENSI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN (KARHUTLA) BERDASARKAN DATA PATROLI KARHUTLA

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

SHITA MAHARANI



**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul Model Klasifikasi Potensi Kebakaran Hutan dan Lahan (Karhutla) berdasarkan Data Patroli Karhutla adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

© Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Juni 2018

Shita Maharani
NIM G64140037





Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

SHITA MAHARANI

Model Klasifikasi Potensi Kebakaran Hutan dan Lahan
(Karhutla) berdasarkan Data Patroli Karhutla. Dibimbing oleh IMAS
SUKAESIH SITANGGANG.

ABSTRAK

Salah satu upaya yang dilakukan oleh Kementerian Kehutanan (Kemenhut) untuk mencegah terjadinya kebakaran hutan adalah melaksanakan kegiatan patroli kebakaran hutan dan lahan. Penelitian ini menganalisis data patroli kebakaran hutan yang telah diolah ke dalam basis data spasial pada penelitian sebelumnya dengan teknik klasifikasi menggunakan pohon keputusan. Data yang digunakan adalah data patroli kebakaran hutan dan lahan wilayah Sumatra dan Kalimantan tahun 2016. Klasifikasi dilakukan menggunakan metode pohon keputusan dengan algoritme C5.0 untuk mengetahui potensi terjadinya kebakaran hutan. Model klasifikasi terbaik untuk pohon keputusan memiliki akurasi 86.46% untuk *dataset* Sumatra dan 93.01% untuk *dataset* Kalimantan. Karakteristik area titik panas yang berpotensi tinggi terjadi kebakaran hutan pada wilayah Sumatra adalah wilayah dengan kondisi vegetasi yang kering, kedalaman gambut lebih besar dari 4 m, dan jenis vegetasinya adalah sawit. Karakteristik area titik panas yang berpotensi tinggi terjadi kebakaran hutan wilayah Kalimantan adalah area yang memiliki curah hujan berada pada rentang 0 mm sampai dengan 16 mm, kondisi vegetasi pada wilayah titik panas adalah kering, dan arah angin berada pada rentang 80° sampai dengan 280°.

Kata Kunci: model klasifikasi, pohon keputusan, potensi kebakaran hutan dan lahan.

ABSTRACT

SHITA MAHARANI. Classification Model of Potential of Forest and Land Fire (Karhutla) based on Forest Fire and Land Patrol Data. Supervised by IMAS SUKAESIH SITANGGANG.

The Ministry of Environment and Forestry of Indonesia made an effort to prevent the occurrence of forest fires by conducting a forest and land fire patrol. This research analyzed the forest fire patrol data that has been processed into spatial database in previous research by classification technique using decision tree. The data that were used are forest and land fire patrol data of Sumatra and Kalimantan in 2016. Classification is performed using decision tree method with C5.0 algorithm to determine the potential of forest fires. The best classification model for the decision tree has an accuracy of 86.46% for the Sumatra dataset and 93.01% for the Kalimantan dataset. Characteristics of high-potential hotspot areas of forest fire in Sumatra are areas with dry vegetation conditions, peat depth greater than 4 m, and vegetation type is palm. Characteristics of high potential hotspot areas of forest fire in Kalimantan are areas with rainfall is in between 0 mm and 16 mm, the vegetation condition is dry, and the wind direction is in between 80° and 280°.

Keywords: classification model, decision tree, potential for forest and land fire.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



MODEL KLASIFIKASI POTENSI KEBAKARAN HUTAN DAN LAHAN (KARHUTLA) BERDASARKAN DATA PATROLI KARHUTLA

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Komputer
pada
Departemen Ilmu Komputer

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2018**

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Pengaji:

- 1 Ir Julio Adisantoso, Mkom
- 2 Muhammad Asyhar Agmalaro, SSi MKom

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
a. Pengutipan hanya untuk keperluan penelitian, penulisannya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritis atau tafsiran suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
2. Dilarang mengumumkan dan memperbarui sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

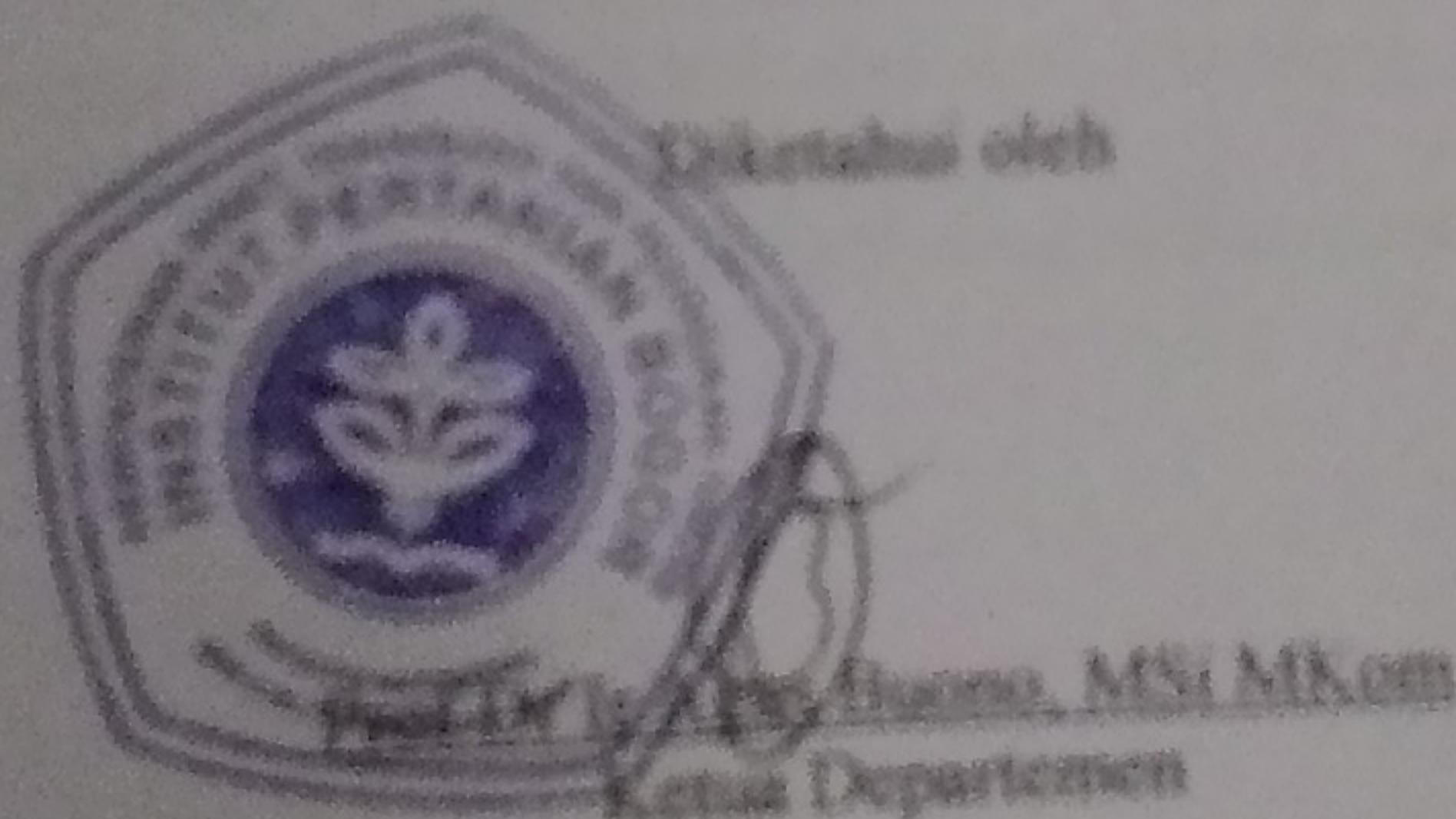
Bogor Agricultural University

Judul Skripsi: Model Klasifikasi Potensi Karakteristik Hutan dan Lahan (Karbula) berdasarkan Data Patroli Karbula

Nita Maharani
G841408137

Diketahui oleh

Dr. Ir. Sukaesih Sugiharto, S.Si, M.Kom
Pembimbing



Tanggal: 07 JUN 2018



Judul Skripsi: Model Klasifikasi Potensi Kebakaran Hutan dan Lahan (Karhutla)
berdasarkan Data Patroli Karhutla.

Nama : Shita Maharani
NIM : G64140037

Disetujui oleh

Dr Imas Sukaesih Sitanggang, Ssi Mkom
Pembimbing

Diketahui oleh

Dr Ir Agus Buono, MSi MKom
Ketua Departemen

Tanggal Lulus:

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan karya ilmiah dengan judul Model Klasifikasi Potensi Kebakaran Hutan dan Lahan (Karhutla) berdasarkan Data Patroli Karhutla.

Penulis menyadari dalam penyusunan karya ilmiah ini masih banyak terdapat kesalahan dikarenakan masih kurangnya ilmu dan pengetahuan yang dimiliki oleh penulis. Oleh sebab itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak berikut yang telah mendukung dan membantu lancarnya proses penelitian hingga penyusunan laporan hasil penelitian tugas akhir ini. Terima kasih penulis sampaikan kepada:

- 1 Orang tua serta saudara kandung penulis atas doa, motivasi, dan dukungan baik secara moril dan materil yang telah diberikan hingga penulis bisa mencapai tahap ini.
- 2 Ibu Dr Imas Sukaesih Sitanggang, SSi MKom selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahannya sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik.
- 3 Bapak Dr Ir Agus Buono, MSi MKom selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer IPB.
- 4 Bapak Ir Julio Adisantoso, MKom dan Bapak Muhammad Asyhar Agmalaro, SSi MKom selaku penguji atas saran dan masukan yang diberikan.
- 5 Seluruh dosen dan staf pegawai tata usaha Departemen Ilmu Komputer IPB yang telah memberikan bantuan dalam kelancaran dari perkuliahan hingga sampai ke tahap ini.
- 6 Teman-teman terbaik penulis, Ardhea Citra, Fadhlal K Surado, serta teman-teman satu bimbingan, terima kasih atas doa, semangat, dan bantuannya selama menjalani studi.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi kemaslahatan umat.

Bogor, Juni 2018

Shita Maharani



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Perumusan Masalah	2
Tujuan Penelitian	2
Manfaat Penelitian	3
Ruang Lingkup Penelitian	3
TINJAUAN PUSTAKA	3
Kebakaran Hutan dan Lahan	3
Titik Panas (<i>hotspot</i>)	3
Teknik Klasifikasi untuk Kebakaran Hutan	4
Algoritme C5.0	5
METODE	7
Data Penelitian	7
Tahapan Penelitian	8
Perangkat Penelitian	10
HASIL DAN PEMBAHASAN	11
Praproses Data	11
Penentuan Label Kelas	20
Pembagian Data	20
Pembuatan Model Klasifikasi menggunakan Algoritme C5.0	20
Evaluasi Model Klasifikasi	27
Penentuan Karakteristik Area yang Berpotensi terjadinya Karhutla	28
Visualisasi Hasil	32
SIMPULAN DAN SARAN	32
Simpulan	32
Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	33

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



LAMPIRAN

35

RIWAYAT HIDUP

46

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR TABEL

1 Atribut data patroli karhutla wilayah Sumatra tahun 2016	7
2 <i>Confusion matrix</i> (Witten dan Frank 2005)	9
3 Presentase <i>missing value</i> data patroli wilayah Sumatra	11
4 Presentase <i>missing value</i> data patroli wilayah Kalimantan	11
5 Keterangan atribut tabel data patroli	13
6 Keterangan atribut tabel data iklim BMKG	13
7 Akurasi hasil klasifikasi	16
8 Nilai pada atribut jenis vegetasi	19
9 Jumlah data pada kelas data patroli karhutla	20
10 Distribusi kelas pada data latih dan data uji	20
11 Hasil model klasifikasi tiap <i>fold dataset</i> Kalimantan	26
12 Hasil model klasifikasi tiap <i>fold dataset</i> Sumatra	26
13 Jumlah aturan yang dihasilkan model klasifikasi <i>dataset</i> Kalimantan	26
14 Jumlah aturan yang dihasilkan pada model klasifikasi <i>dataset</i> Sumatra	27
15 Akurasi model pohon keputusan tiap <i>fold</i>	27
16 <i>Confusion matrix</i> model pohon keputusan <i>fold 5 dataset</i> Kalimantan	28
17 <i>Confusion matrix</i> model pohon keputusan <i>fold 5 dataset</i> Sumatra	28
18 Nilai evaluasi model klasifikasi	28
19 Penggunaan atribut pada model klasifikasi <i>dataset</i> Kalimantan	29
20 Kemunculan vegetasi pada kelas potensi tinggi wilayah Kalimantan	30
21 Penggunaan atribut pada model klasifikasi <i>dataset</i> Sumatra	30
22 Kemunculan vegetasi pada kelas potensi tinggi wilayah Sumatra	31
23 Jenis tanah pada kelas potensi tinggi wilayah Sumatra	31

DAFTAR GAMBAR

1 Tahapan penelitian	8
2 Kode R untuk integrasi data iklim dan data stasiun cuaca BMKG	12
3 Kueri menghitung jarak lokasi patroli ke seluruh stasiun cuaca	14
4 Kueri menentukan stasiun terdekat dari lokasi patroli	14
5 Kueri <i>update</i> untuk mengisi <i>missing value</i>	14
6 Kueri praproses atribut kecepatan angin maksimum dan arah angin	15
7 Hasil <i>overlay</i> data patroli dan peta lahan gambut	16
8 Hasil <i>overlay</i> lokasi patroli dan peta lahan gambut	17
9 Kueri untuk lokasi patroli yang berada di dalam peta lahan gambut	17
10 Kueri untuk lokasi patroli yang berada di luar peta lahan gambut	17
11 Visualisasi kedalaman gambut pada peta lahan gambut	18
12 Kueri untuk mendapatkan kedalaman lahan gambut	18
13 Kueri untuk tanah jenis mineral	18
14 Kueri praproses atribut kondisi vegetasi	19
15 Histogram atribut suhu <i>dataset</i> Sumatra	21
16 Histogram atribut kelembaban <i>dataset</i> Sumatra	21
17 Histogram atribut curah hujan <i>dataset</i> Sumatra	21
18 Histogram atribut kecepatan angin maksimum <i>dataset</i> Sumatra	21
19 Histogram atribut kondisi vegetasi <i>dataset</i> Sumatra	22



Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U



20 Histogram atribut arah angin <i>dataset</i> Sumatra	22
21 Histogram atribut cuaca pagi, siang, dan sore <i>dataset</i> Sumatra	22
22 Histogram jenis tanah <i>dataset</i> Sumatra	23
23 Histogram kedalaman gambut <i>dataset</i> Sumatra	23
24 Histogram atribut suhu <i>dataset</i> Kalimantan	23
25 Histogram atribut kelembaban <i>dataset</i> Sumatra	23
26 Histogram atribut kecepatan angin maksimum <i>dataset</i> Kalimantan	24
27 Histogram atribut curah hujan <i>dataset</i> Kalimantan	24
28 Histogram atribut arah angin <i>dataset</i> Sumatra	24
29 Histogram atribut kondisi vegetasi <i>dataset</i> Kalimantan	24
30 Histogram atribut cuaca pagi, siang, dan sore <i>dataset</i> Kalimantan	25
31 Histogram atribut kondisi lahan <i>dataset</i> Kalimantan	25
32 Histogram jenis tanah <i>dataset</i> Kalimantan	25
33 Histogram kedalaman gambut <i>dataset</i> Kalimantan	25
34 Lokasi patroli potensi tinggi terjadi karhutla	32

DAFTAR LAMPIRAN

1 Pengelompokkan nilai atribut jenis vegetasi	35
2 Model berbasis aturan <i>fold 5 dataset</i> Kalimantan	40
3 Model berbasis aturan <i>fold 5 dataset</i> Sumatra	42
4 Confusion matrix model pohon keputusan <i>dataset</i> Kalimantan	43
5 Confusion matrix model pohon keputusan <i>dataset</i> Sumatra	44

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) adalah suatu peristiwa terbakarnya hutan dan/atau lahan, baik secara alami maupun oleh perbuatan manusia, sehingga mengakibatkan kerusakan lingkungan yang menimbulkan kerugian ekologi, ekonomi, sosial budaya dan politik (Menhut 2016). Kebakaran hutan dan lahan memiliki dampak negatif, yaitu terjadinya pencemaran lingkungan hidup, kerusakan flora dan fauna, tanah, serta air. Di Indonesia kebarakan hutan setiap tahunnya terjadi dengan frekuensi, lokasi kejadian dan luas area yang berbeda-beda. Mengingat dampak buruk yang terjadi akibat kebakaran hutan, perlu adanya upaya pencegahan dan penanganan kebakaran hutan yang tepat. Salah satu upaya yang dilakukan oleh Kemenhut adalah melaksanakan patroli terpadu kebakaran hutan dan lahan. Patroli kebakaran hutan dan lahan adalah kegiatan pengawasan yang dilakukan dalam rangka pencegahan dan pemadaman kebakaran hutan dan lahan (Menhut 2016).

Titik panas (*hotspot*) adalah indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu area yang memiliki suhu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu disekitarnya (Menhut 2009). Area tersebut direpresentasikan dalam suatu titik dengan koordinat tertentu. Titik panas digunakan sebagai salah satu indikator kebakaran lahan dan hutan di suatu wilayah, sehingga semakin banyak titik panas, semakin tinggi pula peluang terjadinya kebakaran hutan. Berdasarkan hasil penafsiran citra satelit Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) tahun 2013, luas hutan Indonesia adalah sebesar 96.49 juta hektar atau mencapai 51.53% dari luas wilayah Indonesia (Statistik Kehutanan Indonesia Kemenhut 2014). Tidak semua area titik panas menunjukkan kebakaran hutan. Terdapat karakteristik tertentu pada area titik panas yang memiliki peluang tinggi menjadi indikator kebakaran hutan. Karakteristik yang dimaksud adalah faktor-faktor yang berpengaruh terhadap potensi terjadinya kebakaran hutan, seperti suhu lingkungan, jenis tanah, dan jenis vegetasi.

Mengetahui karakteristik area kebakaran hutan akan memberikan manfaat kepada para *stakeholder* dan pihak yang berwenang agar dapat melakukan penanganan kebakaran hutan dengan cepat dan tepat. Penanganan kebakaran hutan yang dilakukan dengan cepat tentunya akan mengurangi dampak negatif seperti kerugian finansial, serta kerusakan alam. Teknik klasifikasi dapat digunakan untuk menentukan karakteristik area kebakaran hutan dan lahan. Klasifikasi dapat dilakukan pada data patroli karhutla, dimana data tersebut berisi kondisi fisik area titik panas seperti suhu lingkungan, kedalaman gambut, dan jenis vegetasi. Klasifikasi pada data patroli karhutla dilakukan untuk mengetahui potensi terjadinya kebakaran hutan pada suatu area. Klasifikasi adalah proses mencari model (atau fungsi) yang menggambarkan dan membedakan kelas data atau konsep, tujuannya agar model tersebut dapat memprediksi kelas objek yang label kelasnya tidak diketahui (Han *et al.* 2012). Pohon keputusan (*decision tree*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk membuat model klasifikasi. Pohon keputusan memiliki keunggulan yaitu cocok digunakan untuk jumlah data yang besar (Sutton

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Mengetahui karakteristik area kebakaran hutan akan memberikan manfaat kepada para *stakeholder* dan pihak yang berwenang agar dapat melakukan penanganan kebakaran hutan dengan cepat dan tepat. Penanganan kebakaran hutan yang dilakukan dengan cepat tentunya akan mengurangi dampak negatif seperti kerugian finansial, serta kerusakan alam. Teknik klasifikasi dapat digunakan untuk menentukan karakteristik area kebakaran hutan dan lahan. Klasifikasi dapat dilakukan pada data patroli karhutla, dimana data tersebut berisi kondisi fisik area titik panas seperti suhu lingkungan, kedalaman gambut, dan jenis vegetasi. Klasifikasi pada data patroli karhutla dilakukan untuk mengetahui potensi terjadinya kebakaran hutan pada suatu area. Klasifikasi adalah proses mencari model (atau fungsi) yang menggambarkan dan membedakan kelas data atau konsep, tujuannya agar model tersebut dapat memprediksi kelas objek yang label kelasnya tidak diketahui (Han *et al.* 2012). Pohon keputusan (*decision tree*) adalah salah satu metode yang digunakan untuk membuat model klasifikasi. Pohon keputusan memiliki keunggulan yaitu cocok digunakan untuk jumlah data yang besar (Sutton



- 2
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2005). Terdapat beberapa algoritme untuk memodelkan pohon keputusan, salah satunya adalah algoritme C5.0 (Han *et al.* 2012).

Penelitian Aprita (2016) menerapkan algoritme C5.0 untuk melakukan klasifikasi kemunculan titik panas pada lahan gambut di Sumatra dan Kalimantan pada data titik panas tahun 2001 sampai 2014. Aprita (2016) membandingkan akurasi antara model klasifikasi pohon keputusan yang terbentuk dengan *rule based* pada algoritme C5.0. Akurasi tertinggi yang didapatkan dari model berbasis pohon keputusan adalah 88.98%, sedangkan model berbasis aturan sebesar 89.93%. Penelitian Siknun dan Sitanggang (2016) mengklasifikasikan kemunculan titik panas di daerah Riau dengan mengimplementasikan algoritme C5.0 menggunakan model pohon keputusan dan model berbasis aturan. Akurasi yang didapat dari model berbasis pohon keputusan adalah 72.72%, sedangkan model berbasis aturan sebesar 73.51%.

Penelitian ini melakukan klasifikasi potensi kebakaran hutan pada data patroli kebakaran hutan dan lahan tahun 2016. Laporan hasil kegiatan oleh tim patroli karhutla berupa fail teks yang belum diolah sehingga belum dapat dilakukan analisis lebih lanjut. Penelitian Kurniawan (2017) mengolah fail teks tersebut ke dalam basis data spasial agar data dapat digunakan untuk analisis lebih lanjut. Hasil pengolahan data oleh Kurniawan (2017) akan digunakan dalam penelitian ini untuk membuat model klasifikasi potensi terjadi kebakaran hutan. Penelitian ini mengolah data patroli kebakaran hutan agar menghasilkan informasi yang bermanfaat, yaitu memberikan informasi mengenai potensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan pada suatu area. Klasifikasi data wilayah Sumatra dan Kalimantan bertujuan untuk mengetahui potensi kebakaran hutan (tinggi, sedang atau rendah) pada area titik panas yang terdeteksi oleh tim patroli. Penelitian ini menggunakan model pohon keputusan untuk melakukan teknik klasifikasi. Model dari hasil klasifikasi data tersebut akan digunakan untuk menentukan area yang memiliki potensi terjadi kebakaran hutan dan lahan.

Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana model klasifikasi potensi kebakaran hutan dan lahan (karhutla) berdasarkan data patroli kebakaran hutan dan lahan.
2. Bagaimana karakteristik wilayah yang memiliki potensi kebakaran hutan berdasarkan data patroli kebakaran hutan dan lahan.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1 Membuat model klasifikasi potensi kejadian karhutla pada area titik panas berdasarkan data patroli kebakaran hutan dan lahan. Model yang dihasilkan digunakan untuk menentukan area yang berpotensi terjadi kebakaran hutan.
- 2 Menentukan karakteristik area yang berpotensi terjadinya karhutla berdasarkan data patroli.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai karakteristik area kebakaran hutan dan lahan berdasarkan data patroli kebakaran hutan. Informasi yang diperoleh dapat digunakan untuk memprediksi potensi kebakaran hutan pada area titik panas sehingga dapat mewujudkan kesiapsiagaan dalam mencegah bencana kebakaran hutan.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan meliputi:

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data patroli kebakaran hutan dan lahan wilayah Sumatra dan Kalimantan bulan Februari sampai April dan Juni sampai Desember tahun 2016 yang telah diolah oleh Kurniawan (2017). Penelitian menggunakan *package* ‘c50’ yang tersedia di R untuk mengklasifikasikan area kebakaran hutan.

Klasifikasi dilakukan pada data patroli karhutla wilayah Sumatra dan Kalimantan untuk mendapatkan model klasifikasi potensi karhutla.

TINJAUAN PUSTAKA

Kebakaran Hutan dan Lahan

Kebakaran hutan dan lahan adalah suatu peristiwa terbakarnya hutan dan/atau lahan, baik secara alami maupun oleh perbuatan manusia, sehingga mengakibatkan kerusakan lingkungan yang menimbulkan kerugian ekologi, ekonomi, sosial budaya dan politik (Menhut 2016). Kebakaran hutan dan lahan dianggap sebagai ancaman terhadap pembangunan berkelanjutan karena dampak-dampak langsungnya terhadap ekosistem, kontribusi terhadap pengingkatan emisi karbon dan dampak-dampaknya terhadap keanekaragaman hayati (Tacconi 2003). Terdapat tiga dampak utama akibat kebakaran hutan yaitu kebakaran hutan menyebabkan pencemaran kabut asap, emisi karbon, dan dampak-dampak terkait lainnya; terjadinya degradasi hasil hutan dan deforestasi, dan hilangnya hasil hutan dan berbagai jasa yang diberikan hutan, termasuk kayu, hasil hutan nonkayu, erosi tanah, dan lenyapnya fungsi pengendali banjir, keanekaragaman hayati; dan kerugian di sektor pedesaan akibat kebakaran hutan liar dan anomali cuaca yang dipicu oleh kebakaran hutan (Tacconi 2003).

Titik Panas (*hotspot*)

Titik panas adalah indikator kebakaran hutan yang mendeteksi suatu lokasi yang memiliki suhu relatif lebih tinggi dibandingkan dengan suhu sekitarnya



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

(Menhut 2009). Pengumpulan data titik panas (*hotspot*) dan luasan kebakaran hutan dan lahan (*burned area*) dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Kegiatan pemantauan dapat dilakukan melalui analisis data titik panas (*hotspot*) yang diperoleh dari citra satelit MODIS Aqua-Terra (Endrawati 2016). Citra MODIS merepresentasikan titik panas dalam radius 1 km untuk setiap pikselnya. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi keakuratan MODIS dalam mendeteksi titik panas, seperti tutupan awan, tutupan asap, pepohonan, dan lokasi. Pada kondisi normal yang sesuai, titik panas dengan jangkauan 100 m^2 telah mampu dideteksi. Titik panas yang terdeteksi secara terus-menerus dalam skala yang besar dapat menjadi indikator kebakaran. Parameter utama untuk deteksi titik panas berupa suhu kecerahan di atas atmosfer dari panjang gelombang $4 \mu\text{m}$ dan $11 \mu\text{m}$, disimbolkan berturut-turut dengan T_4 dan T_{11} . MODIS memiliki dua spektrum $4 \mu\text{m}$, yaitu kanal 21 dan 22. Keduanya dipergunakan untuk pendekstan titik panas. Uji ambang batas absolut (*absolute threshold test*) penentuan titik panas dari data MODIS adalah sebagai berikut (Giglio 2016):

- Suatu piksel diidentifikasi sebagai titik panas apabila:
 - Uji 1 : $T_4 > 360 \text{ K}$ (pada siang hari), atau 320 K (malam hari).
- Selanjutnya dilakukan uji dengan menggunakan nilai piksel di sekitarnya (27×21 piksel), yaitu:
 - Uji 2 : Selisih suhu kecerahan T_4 dan T_{11} (ΔT) lebih besar dari rata-rata dari ΔT ditambah dengan 3.5 kali standar deviasi dari ΔT .
 - Uji 3 : Selisih suhu kecerahan T_4 dan T_{11} (ΔT) lebih besar dari rata-rata dari ΔT ditambah dengan 6 K.
 - Uji 4 : Suhu kecerahan T_4 lebih besar dari nilai rata-rata ΔT disekitarnya ditambah 3 kali standar deviasi T_4 .
 - Uji 5 : Suhu kecerahan T_{11} lebih besar dari rata-rata T_{11} ditambah standar deviasi T_{11} dikurangi 4 K.
 - Uji 6 : Standar deviasi T_4 lebih besar dari 5 K.
- Pada siang hari, suatu piksel disebut titik panas apabila uji 1 terpenuhi atau uji 2 hingga uji 4 terpenuhi dan apabila uji 5 atau uji 6 terpenuhi. Jika tidak maka diklasifikasikan sebagai bukan titik panas.
- Malam hari, suatu piksel disebut titik panas apabila uji 1 terpenuhi atau uji 2 hingga 4 terpenuhi. Jika tidak maka diklasifikasikan sebagai bukan titik panas.

Pendeteksian lokasi titik panas merupakan hal yang penting, karena dengan adanya pendekstan yang tepat, pencegahan dan penangan kebakaran hutan dapat dilakukan secara cepat. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.32 Maret 2016 menyatakan bahwa “patroli adalah kegiatan pengawasan yang dilakukan oleh Manggala Agni dan semua pihak dalam rangka pencegahan dan pemadaman kebakaran hutan dan lahan” (Menhut 2016). Patroli kebakaran hutan menggunakan data lokasi titik panas berupa koordinat *longitude* dan *latitude*.

Teknik Klasifikasi untuk Kebakaran Hutan

Klasifikasi adalah proses mencari model (atau fungsi) yang menggambarkan dan membedakan kelas suatu data, dengan tujuan model tersebut

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

dapat digunakan untuk memprediksi kelas objek yang label kelasnya tidak diketahui (Han *et al.* 2012). Penurunan model tersebut didasarkan pada analisis suatu set data latih. Model tersebut dapat direpresentasikan menggunakan (*if-then*) *rules*, pohon keputusan, formula matematika atau jaringan syaraf tiruan (Han *et al.* 2012). Teknik klasifikasi dapat digunakan untuk menentukan karakteristik area kebakaran hutan. Penelitian sebelumnya melakukan teknik klasifikasi kebakaran hutan menggunakan model pohon keputusan. Pohon keputusan atau dikenal dengan *decision tree* merupakan salah satu metode dalam klasifikasi dan merupakan model prediksi dengan menggunakan struktur pohon atau struktur hirarki (Han *et al.* 2012). Sitanggang *et al.* (2014) menyebutkan bahwa model pohon keputusan dapat digunakan untuk mengklasifikasikan data spasial.

Penelitian Aprita (2016) menerapkan algoritme C5.0 untuk melakukan klasifikasi kemunculan titik panas pada lahan gambut di Sumatra dan Kalimantan menggunakan data titik panas tahun 2001 sampai 2014. Aprita (2016) membandingkan akurasi antara model klasifikasi pohon keputusan yang terbentuk dengan *rule based* pada algoritme C5.0. Akurasi tertinggi yang didapatkan dari model berbasis pohon keputusan adalah 88.98%, sedangkan model berbasis aturan sebesar 89.93%. Penelitian Siknun dan Sitanggang (2016) mengklasifikasikan kemunculan titik panas di daerah Riau dengan mengimplementasikan algoritme C5.0 menggunakan model pohon keputusan dan model berbasis aturan. Akurasi yang didapat dari model berbasis pohon keputusan adalah 72.72%, sedangkan model berbasis aturan sebesar 73.51%.

Algoritme C5.0

Algoritme C5.0 merupakan salah satu teknik pengklasifikasian yang handal, yaitu perkembangan dari algoritme C4.5 (Pandya 2015). Algoritme C5.0 dapat bekerja dengan atribut kontinu dan diskret. Untuk menangani atribut kontinu, C5.0 menciptakan ambang batas dan kemudian membuat daftar atribut yang memiliki nilai di atas ambang batas dan kurang dari atau sama dengan ambang batas. Keunggulan algoritme C5.0 dibandingkan C4.5 diantaranya (Pandya 2015) :

- 1 Algoritme C5.0 lebih cepat dari C4.5.
- 2 Penggunaan memori algoritme C5.0 lebih efisien dibandingkan C4.5.
- 3 Algoritme C5.0 menghasilkan set aturan yang lebih sedikit dibanding C4.5.
- 4 Aturan yang dihasilkan algoritme C5.0 memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah, sehingga algoritme C5.0 lebih akurat dari C4.5.
- 5 Algoritme C5.0 secara otomatis memungkinkan penghapusan atribut yang tidak berpengaruh terhadap pengklasifikasian.

Beberapa fitur yang dimiliki algoritme C5.0 (Rulequest 2012):

Boosting: idenya adalah melakukan klasifikasi dengan beberapa iterasi sehingga menghasilkan beberapa aturan dan pohon keputusan. Prediksi untuk menentukan suatu kelas pada data baru dilakukan dengan mengkombinasikan pohon-pohon keputusan yang terbentuk, sehingga dapat meningkatkan akurasi.

Winnowing: kemampuan untuk menentukan dan memilih atribut (*classifier*) yang digunakan, hal ini sangat menguntungkan untuk teknik pemodelan



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

berbasis pohon keputusan. *Classifier* yang terpilih adalah atribut yang representatif terhadap hasil klasifikasi dan menghasilkan akurasi prediksi yang lebih tinggi.

Menurut Patil (2012) pemilihan atribut pada algoritme C5.0 dilakukan dengan mengukur *information gain*. Setiap atribut dapat memiliki *information gain* yang berbeda-beda. Pemilihan atribut dilakukan dengan mencari nilai *information gain* yang terbesar. Dengan memilih nilai *information gain* yang terbesar, akan meminimalkan informasi yang dibutuhkan untuk mengklasifikasikan data, agar terbentuk pohon keputusan yang sederhana (Han *et al.* 2012). Nilai *entropy* dapat diperoleh dari Persamaan 1 (Han *et al.* 2012) :

$$Info(D) = - \sum_{i=1}^m P_i \log_2(P_i) \quad (1)$$

di mana $Info(D)$ adalah nilai entropy dari *sample* data D , m adalah jumlah kelas yang terdapat pada atribut, sedangkan P_i adalah peluang dari kelas i atau rasio dari kelas. Partisi data latih D pada beberapa atribut A memiliki nilai v yang berbeda $\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_v\}$. Atribut A digunakan untuk memisahkan D ke dalam v partisi atau sub himpunan $\{D1, D2, \dots, Dv\}$. $\frac{|D_j|}{D}$ merupakan bobot partisi ke- j . Selanjutnya adalah menghitung nilai *entropy* pada masing-masing partisi atribut data D . Nilai *entropy* pada atribut A dihitung menggunakan Persamaan 2 (Han *et al.* 2012):

$$Info_A(D) = \sum_{i=1}^v \frac{|D_j|}{D} \times Info(D_j) \quad (2)$$

Nilai *information gain* yang diperoleh pada atribut A dapat dihitung menggunakan Persamaan 3 (Han *et al.* 2012):

$$Gain(A) = Info(D) - Info_A(D) \quad (3)$$

$Gain(A)$ menyatakan bahwa ada berapa banyak cabang yang akan diperoleh pada A. Atribut A dengan *information gain* tertinggi, maka $Gain(A)$ dipilih sebagai atribut pada *node* (Han *et al.* 2012). Algoritme *generate decision tree* adalah sebagai berikut (Han *et al.* 2012):

Input:

- 1 Partisi data, D , data latih yang telah ditentukan label kelasnya
- 2 *Attribute_list*, himpunan yang terdiri dari kandidat atribut
- 3 *Attribute_selection_method*, prosedur untuk menentukan kriteria pemotongan yang partisi *tuple* data terbaik ke kelas masing-masing.

Output: Pohon keputusan

Metode:

- 1 Membuat simpul N;
- 2 Jika semua tupel di D memiliki kelas yang sama yaitu C.
Maka simpul N sebagai simpul daun dan diberi label dengan kelas C.
- 4 Jika *attribute list* kosong, maka
Jadikan simpul N sebagai simpul daun dan diberi label = nilai kelas terbanyak pada sampel
- 5 Menerapkan *attribute selection method* ($D, attribute list$) untuk memperoleh atribut uji terbaik
- 6 Beri label simpul N dengan atribut data uji
- 7 Jika atribut bernilai diskret dan diperbolehkan untuk dipisah, maka
 $Attribute list \leftarrow attribute list - atribut uji$

- 8 Untuk setiap nilai j dari atribut uji yang diketahui
 - Buat D_j menjadi kumpulan data *tuple* D untuk memenuhi hasil j
 - Jika D_j kosong, maka
Tambahkan simpul daun yang diberi label = nilai kelas yang terbanyak pada D ke simpul N
 - Selainnya,
Tambah cabang baru di bawah dengan memanggil fungsi *generate decision tree* (D_j attribute list) ke simpul N ;
- 9 Kembalikan N ;

METODE

Data Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data patroli kebakaran hutan dan lahan tahun 2016. Sumber data diperoleh dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dengan format Microsoft Word yang kemudian diolah pada penelitian Kurniawan (2017) menjadi format *Comma Separated Values* (CSV). Penelitian ini menggunakan data dalam format CSV yang telah diolah pada penelitian Kurniawan (2017). Pengklasifikasian dilakukan terhadap data patroli kebakaran hutan dan lahan wilayah Sumatra dan Kalimantan. Data patroli kebakaran hutan provinsi Sumatra dan Kalimantan memiliki beberapa atribut yang berperan sebagai faktor-faktor terjadinya kebakaran hutan dan satu atribut yang berperan sebagai kelas pengklasifikasian (kelas target). Atribut yang menjadi kelas target adalah atribut potensi kebakaran. Nilai dari atribut kelasnya dibagi menjadi tiga yaitu potensi tinggi, sedang, dan rendah. Contoh atribut pada data patroli kebakaran hutan dan lahan wilayah Sumatra dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Atribut data patroli karhutla wilayah Sumatra tahun 2016

No	Atribut	Tipe
1	<i>Longitude</i>	<i>Numeric</i>
2	<i>Latitude</i>	<i>Numeric</i>
3	Tanggal kegiatan patroli	<i>Date</i>
4	Daerah operasi	<i>Character</i>
5	Curah hujan (mm)	<i>Numeric</i>
6	Suhu (°C)	<i>Numeric</i>
7	Kelembaban (%)	<i>Numeric</i>
8	Jenis tanah	<i>Character</i>
9	Kedalaman gambut (cm)	<i>Numeric</i>
10	Cuaca pagi	<i>Character</i>
11	Cuaca siang	<i>Character</i>
12	Cuaca sore	<i>Character</i>
13	Jenis vegetasi	<i>Character</i>
14	Kondisi vegetasi	<i>Character</i>
15	Potensi	<i>Character</i>

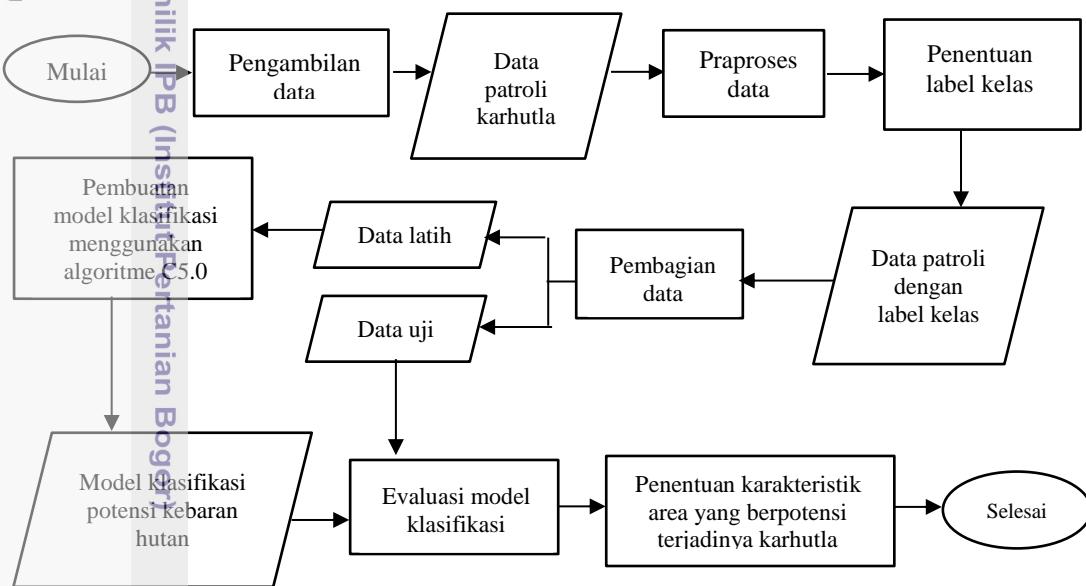
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Dataset wilayah Kalimantan memiliki satu atribut yang berbeda dari dataset wilayah Sumatra yaitu atribut kondisi lahan. Data lain yang digunakan pada penelitian adalah data iklim wilayah Sumatra dan Kalimantan tahun 2016 serta data stasiun cuaca wilayah Sumatra dan Kalimantan yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). Data iklim BMKG digunakan pada tahap praproses data untuk mengisi *missing value* pada beberapa atribut data patroli karhutla. Data iklim BMKG yang digunakan adalah data suhu ($^{\circ}\text{C}$), curah hujan (mm), kelembaban (%), kecepatan angin maksimum (knot), dan arah angin (derajat). Penelitian menggunakan peta lahan gambut tahun wilayah Sumatra dan Kalimantan tahun 2002 yang diperoleh dari Wetlands. Peta lahan gambut digunakan untuk mendapatkan data jenis tanah dan kedalaman gambut pada wilayah Sumatra dan Kalimantan.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan berdasarkan tahapan yang digambarkan dalam

Gambar 1



Gambar 1 Tahapan penelitian

Praproses data

Tahapan praproses data dilakukan untuk mendapatkan data yang siap untuk digunakan. Pada proses klasifikasi terdapat beberapa tahapan dalam melakukan praproses data yaitu pengisian *missing value* pada masing-masing atribut. Pengisian nilai *missing value* dilakukan dengan mengintegrasikan data patroli karhutla dengan dataset lain.

Penentuan label kelas

Kelas target pada data patroli kebakaran hutan Sumatra dan Kalimantan adalah potensi terjadinya kebakaran hutan pada area lahan. Nilai dari kelas targetnya terbagi menjadi tiga, yaitu daerah yang berpotensi tinggi, sedang, atau rendah terjadi kebakaran hutan.

Pembagian Data

Klasifikasi dilakukan dengan membagi *dataset* menjadi data latih dan data uji. Pembagian data latih dan data uji dilakukan dengan menggunakan metode *K-fold cross validation*. Pembagian data dengan *K-fold cross validation* akan membagi data menjadi K kelompok dan akan mengulang percobaan sebanyak K -kali. Dalam penelitian ini, data akan dibagi dengan proporsi 90% data latih dan 10% data uji dengan $K = 10$ kali percobaan. Pemilihan $K=10$ dikarenakan sudah ada beberapa bukti teoritis yang menunjukkan bahwa $K=10$ adalah jumlah yang tepat untuk mendapatkan perkiraan kesalahan terbaik (Witten dan Frank 2005).

Pembuatan model klasifikasi menggunakan algoritme C5.0

Klasifikasi data patroli kebakaran hutan dilakukan dengan membangun pohon keputusan. Pembentukan pohon keputusan menggunakan algoritme C5.0. Algoritme ini menggunakan nilai *information gain* dalam pemilihan node pembentuk pohon keputusan. Penelitian ini menggunakan *package* ‘c50’ yang tersedia dalam bahasa pemrograman R untuk membuat membuat model klasifikasi. Klasifikasi dilakukan pada data patroli karhutla wilayah Sumatra dan Kalimantan untuk mendapatkan model klasifikasi potensi karhutla. Model klasifikasi yang dihasilkan adalah model klasifikasi potensi karhulta wilayah Sumatra dan model klasifikasi potensi karhutla wilayah Kalimantan. Pembuatan dua model klasifikasi yang berbeda antara wilayah Sumatra dan Kalimantan disebabkan oleh karakteristik cuaca dan karakteristik lahan gambut yang berbeda antara kedua wilayah tersebut.

Evaluasi model klasifikasi

Evaluasi model klasifikasi dilakukan dengan menghitung akurasi keseluruhan dan *sensitivity* masing-masing kelas. Akurasi digunakan untuk menunjukkan tingkat ketepatan pengklasifikasian data terhadap kelas yang sebenarnya. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan dalam proses perhitungan akurasi adalah metode *10-cross fold validation*. *Sensitivity* disebut juga *true positive rate*, yaitu proporsi tupel positif yang diidentifikasi/diperiksa dengan benar oleh model (Han *et al.* 2012). Perhitungan *sensitivity* bertujuan untuk mengetahui kemampuan model mengenali kelas. Perhitungan *sensitivity* dapat diperoleh menggunakan *confusion matrix*, yang merupakan sebuah tabel yang terdiri atas banyaknya baris data uji yang diprediksi benar dan tidak benar. Bentuk *confusion matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 *Confusion matrix* (Witten dan Frank 2005)

Kelas aktual	Kelas Prediksi	
	Ya	Tidak
Ya	<i>true positive</i> (TP)	<i>false negative</i> (FN)
Tidak	<i>false positive</i> (FP)	<i>true negative</i> (TN)

Akurasi keseluruhan (*overall accuracy*) dihasilkan dari perbandingan jumlah data yang terkласifikasi dengan benar dengan total data keseluruhan. Nilai akurasi keseluruhan dapat dihitung dengan Persamaan 4 (Bogoliubova dan Tymkow 2014).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah data uji yang terklasifikasikan benar}}{\text{Jumlah data uji keseluruhan}} \times 100\% \quad (4)$$

Perhitungan akurasi pada setiap aturan (*rule*) yang dihasilkan menggunakan perbandingan Rasio Laplace, dapat dihitung dengan Persamaan 5 (Sharmista dan Ramaswami 2015).

$$Rasio Laplace = \frac{n-m+1}{n+2} \quad (5)$$

dimana nilai n adalah jumlah data latih yang tergolong ke dalam kriteria aturan tersebut sedangkan m adalah jumlah data latih yang salah terprediksi pada aturan tersebut. *Sensitivity* diperoleh berdasarkan perhitungan sebagai berikut (Han *et al.* 2012):

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \times 100\% \quad (6)$$

Penentuan karakteristik area yang berpotensi terjadinya karhutla

Berdasarkan model klasifikasi yang terbentuk, pada tahap ini akan dilakukan penentuan karakteristik area yang berpotensi terjadinya karhutla. Penentuan karakteristik area yang berpotensi terjadinya karhutla dilakukan dengan menganalisis aturan-aturan yang terbentuk dari model klasifikasi. Setelah menentukan karakteristik area yang berpotensi terjadinya kebakaran hutan, akan dilakukan visualisasi area-area yang berpotensi terjadi kebakaran hutan berdasarkan hasil klasifikasi.

Perangkat Penelitian

Perangkat keras berupa komputer personal dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Processor Intel Core i5,
- RAM 6 GB,
- Harddisk Internal 500 GB.

Adapun perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Sistem operasi Windows 10 64-bit,
- R sebagai bahasa pemrograman yang digunakan untuk klasifikasi data,
- R studio versi 0.98.1091 dengan *package* C50 untuk klasifikasi data,
- Quantum GIS 2.18.13 untuk visualisasi hasil klasifikasi data,
- PostgreSQL 9.3.2 dengan ekstensi PostGIS digunakan sebagai *database management system* (DMBS) untuk mengelola data spasial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Praproses Data

Data patroli karhutla mengadung *missing value* dengan jumlah yang berbeda pada masing-masing atribut. Presentase *missing value* pada data patroli wilayah Sumatra dan Kalimantan dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3 Presentase *missing value* data patroli wilayah Sumatra

No	Atribut	Presentase <i>missing value</i>
1	Kelembaban	91.10%
2	Curah hujan	91.10%
3	Suhu	55.90%
4	Dalam gambut	54.19%
5	Cuaca siang	51.13%
6	Cuaca sore	50.95%
7	Cuaca pagi	50.48%
8	Kondisi vegetasi	36.40%
9	Potensi	32.00%
10	Tanah	24.00%

Tabel 4 Presentase *missing value* data patroli wilayah Kalimantan

No	Atribut	Presentase <i>missing value</i>
1	Dalam gambut	98.12%
2	Curah hujan	98.10%
3	Kelembaban	96.46%
4	Suhu	96.14%
5	Kondisi vegetasi	87.67%
6	Tanah	86.20%
7	Cuaca pagi	85.41%
8	Cuaca siang	85.32%
9	Cuaca sore	85.32%
10	Kondisi Lahan	49.05%

Penanganan *missing value* pada masing-masing atribut dilakukan dengan cara yang berbeda. Pengisian *missing value* dapat dilakukan dengan mengambil data yang terdapat pada *dataset* lain, seperti data iklim yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) dan peta lahan gambut yang diperoleh dari Wetlands. Data iklim BMKG berisi kondisi iklim pada suatu wilayah yang tercatat setiap harinya pada stasiun cuaca BMKG. Setiap provinsi di Sumatra dan Kalimantan memiliki beberapa stasiun cuaca. BMKG menyediakan data stasiun cuaca yang dapat diakses pada website <http://dataonline.bmkg.go.id>, dimana data tersebut berisi informasi *longitude* dan *latitude* dari masing-masing stasiun cuaca.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Data yang terdapat pada data iklim BMKG dapat digunakan untuk mengisi *missing value* pada beberapa atribut data patroli seperti atribut suhu (°C), kelembaban (%) dan curah hujan (mm). Sedangkan untuk atribut jenis tanah dan kedalaman gambut, data dapat diambil dari peta lahan gambut Wetlands.

Integrasi Data Iklim dan Data Stasiun Cuaca

Data iklim dan data stasiun cuaca diperoleh dari situs <http://dataonline.bmkg.go.id>. Data iklim terdiri dari beberapa atribut diantaranya nama stasiun, tanggal, suhu rata-rata (°C), kelembaban (%), curah hujan (mm), kecepatan angin terbesar (knot) dan arah angin (°C). Stasiun cuaca adalah seperangkat alat atau instrumen yang digunakan untuk mengamati kondisi atau perubahan cuaca, iklim dan atmosfer di suatu wilayah dan merekamnya ke dalam bentuk data. Data stasiun cuaca BMKG berisi data secara rinci mengenai stasiun cuaca yang tersebar di Indonesia, seperti lokasi koordinat *longitude* dan *latitude* setiap stasiun cuaca. Integrasi antara data iklim dan data stasiun cuaca dilakukan agar data iklim memiliki atribut spasial yaitu *longitude* dan *latitude*. Gambar 2 menunjukkan kode pemrograman untuk melakukan integrasi data iklim dan data stasiun cuaca menggunakan fungsi *merge* pada R.

```
Data_BMKG <- merge(x = data_iklim, y = data_stasiun[, c ("Nama Stasiun", "Lintang", "Bujur")], by="Nama Stasiun", all.x=TRUE)
```

Gambar 2 Kode R untuk integrasi data iklim dan data stasiun cuaca BMKG

Setelah dilakukan integrasi, setiap stasiun cuaca pada data iklim akan memiliki data *longitude* dan *latitude*.

Praproses Data Patroli Karhutla menggunakan Data Iklim BMKG

Praproses data patroli karhutla menggunakan data iklim BMKG yang telah memiliki data *longitude* dan *latitude* hasil integrasi dengan data stasiun cuaca BMKG. Praproses data patroli karhutla menggunakan data iklim BMKG dilakukan di PostgreSQL dengan ekstensi PostGIS. Data patroli dan data iklim BMKG yang telah disimpan dalam ekstensi ‘.csv’ dimasukkan ke basis data. *Importing* data spasial dilakukan menggunakan aplikasi Quantum GIS dan ekstensi PostGIS. Tabel basis data yang terbentuk untuk data patroli adalah tabel data patroli Sumatra dan tabel data patroli Kalimantan. Tabel basis data yang terbentuk untuk data iklim BMKG dibagi berdasarkan provinsi menjadi tujuh tabel yaitu tabel data iklim provinsi Riau, Jambi, Sumatra Selatan, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah. Keterangan atribut dalam tabel data patroli dapat dilihat pada Tabel 5, sedangkan keterangan atribut dalam tabel data iklim BMKG dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 5 Keterangan atribut tabel data patroli

Nama atribut	Tipe data	Keterangan
gid	integer	Id
tgl_keg_pa	date	tanggal kegiatan patroli
provinsi	varchar (35)	provinsi kegiatan patroli
daops	varchar (35)	daerah operasi kegiatan patroli
kab_kota	varchar (35)	kabupaten atau kota kegiatan patroli
desa_kelurahan	varchar (150)	desa atau kelurahan kegiatan patroli
latitude	numeric	koordinat <i>latitude</i> lokasi patroli
longitude	numeric	koordinat <i>longitude</i> lokasi patroli
kondisiveg	varchar (254)	kondisi vegetasi lokasi patroli
kondisi	varchar (254)	kondisi lahan di lokasi patroli
tanah	varchar (254)	jenis tanah di lokasi patroli
dlm_gambut	varchar (254)	kedalaman jenis tanah gambut dengan satuan cm
vegetasi	varchar (254)	jenis vegetasi yang ada di lokasi
potensi	varchar(254)	potensi terjadi karhutla di lokasi tersebut
suhu	numeric	suhu lingkungan saat kegiatan patroli
kelembaban	numeric	kelembaban saat kegiatan patroli
curah_hujan	numeric	curah hujan saat kegiatan patroli
cuaca_pagi	varchar (25)	cuaca pagi saat kegiatan patroli
cuaca_siang	varchar (25)	cuaca siang saat kegiatan patroli
cuaca_sore	varchar (25)	cuaca sore saat kegiatan patroli
geom	geometry	berisi informasi spasial berupa point

Tabel 6 Keterangan atribut tabel data iklim BMKG

Nama atribut	Tipe data	Keterangan
gid	integer	Id
longitude	numeric	koordinat <i>longitude</i> stasiun cuaca
latitude	numeric	koordinat <i>latitude</i> stasiun cuaca
wmo_id	integer	id dari setiap stasiun cuaca
nama_stasiun	varchar (254)	nama stasiun cuaca
tanggal	date	tanggal tercatatnya data iklim
avg_suhu	numeric	suhu rata-rata pada satu hari
avg_kelembaban	numeric	kelembaban rata-rata pada satu hari
curah_hujan	numeric	curah hujan pada satu hari
kecepatan_max	numeric	kecepatan angin maksimum pada satu hari
arah_angin	numeric	arah angin pada satu hari

Praproses dilakukan dengan beberapa tahap yaitu:

- Pengisian *missing value* atribut suhu, kelembaban, dan curah hujan. Pengisian *missing value* atribut suhu, kelembaban dan curah hujan dilakukan dengan mengambil data iklim yang tercatat pada stasiun cuaca terdekat dari lokasi patroli karhutla. Penentuan lokasi stasiun cuaca terdekat dapat dilakukan dengan menghitung jarak antar lokasi patroli ke tiap stasiun cuaca menggunakan kueri spasial dengan operasi *ST_Distance*. Setelah menghitung jarak antar lokasi patroli ke setiap stasiun cuaca, pengisian *missing value* dilakukan dengan ngambil data dari stasiun cuaca

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a.

Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

terdekat pada tanggal yang sama. Contoh kueri menghitung jarak antara lokasi patroli dan lokasi stasiun cuaca pada provinsi Riau dapat dilihat pada Gambar 3.

```
SELECT      d.gid      AS      gid_patroli,      b.gid      AS      gid_bmkg,
ST_DISTANCE(d.geom,      b.geom),      d.tgl_keg_pa,      b.tanggal,
b.avg_suhu
INTO all_stasiun_riau
FROM data_patroli_sumatera AS d, bmkg_riau AS b
WHERE d.tgl_keg_pa = b.tanggal AND d.suhu = 'N/A' AND
d.provinsi = 'Riau'
```

Gambar 3 Kueri menghitung jarak lokasi patroli ke seluruh stasiun cuaca

Gambar 3 berisi kueri untuk menghitung jarak antar lokasi patroli yang mengandung *missing value* pada atribut suhu ke seluruh stasiun cuaca pada provinsi Riau. Hasil dari seluruh perhitungan jarak disimpan ke dalam satu tabel pada *database*. Selanjutnya akan dijalankan kueri pada Gambar 4.

```
SELECT *
INTO terdekat_riau
FROM all_stasiun_riau
WHERE st_distance = (select min(st_distance) from
all_stasiun_riau AS sub where sub.gid_patroli =
all_stasiun_riau.gid_patroli)
```

Gambar 4 Kueri menentukan stasiun terdekat dari lokasi patroli

Gambar 4 berisi kueri untuk mencari jarak yang minimum dari setiap lokasi patroli ke stasiun cuaca. Setelah mendapatkan lokasi stasiun terdekat beserta data suhu pada stasiun tersebut, tahap berikutnya adalah dilakukan *update missing value* pada data patroli.

```
UPDATE data_patroli_sumatera SET suhu = b.avg_suhu
FROM terdekat_riau AS b
WHERE data_patroli_sumatera.gid = b.gid_patroli;
```

Gambar 5 Kueri *update* untuk mengisi *missing value*

Setelah kueri pada Gambar 5 dijalankan, nilai suhu pada data patroli provinsi Riau sudah terisi. Selanjutnya dilakukan kueri yang sama pada data di provinsi Sumatra Selatan, Jambi, Sumatra Utara, Kalimantan Barat, Kalimantan Selatan, Kalimantan Timur dan Kalimantan Tengah agar seluruh data patroli wilayah Sumatra dan Kalimantan tidak mengandung *missing value*. Contoh di atas adalah penanganan *missing value* untuk atribut suhu, hal yang sama dilakukan pada atribut kelembaban dan curah hujan.

- Penambahan atribut kecepatan angin maksimum dan arah angin. Penambahan atribut kecepatan angin maksimum dan arah angin pada data patroli bertujuan agar semakin banyak faktor yang dapat digunakan untuk

memprediksi potensi terjadinya karhutla, sehingga dapat diketahui karakteristik cuaca yang memicu terjadinya karhutla secara lebih spesifik. Nilai kecepatan angin maksimum dan arah angin diambil dari data iklim BMKG pada tanggal yang sama dengan kegiatan patroli, dan diambil dari data iklim yang tercatat pada stasiun terdekat dengan lokasi patroli. Contoh kueri yang digunakan untuk mengisi nilai kecepatan angin maksimum dan arah angin dapat dilihat pada Gambar 6.

```
SELECT d.gid as gid_patroli, b.gid as gid_bmkg,
ST_DISTANCE(d.geom, b.geom), d.tgl_keg_pa, b.tanggal,
b.kecepatan_angin, b.arah_angin Into all_stasiun_riau
FROM data_patroli_sumatera as d, bmkg_riau as b
WHERE d.tgl_keg_pa = b.tanggal AND provinsi = 'Riau' AND
kec_anginmax IS NULL AND arah_angin IS NULL
ORDER BY d.gid;

SELECT * INTO terdekat_riau
FROM all_stasiun_riau
WHERE st_distance = (select min(st_distance) FROM
all_stasiun_riau as sub
WHERE sub.gid_patroli = all_stasiun_riau.gid_patroli);

UPDATE data_patroli_sumatera
SET kec_anginmax = b.kecepatan_angin, arah_angin =
b.arah_angin
FROM terdekat_riau as b
WHERE data_patroli_sumatera.gid = b.gid_patroli;
```

Gambar 6 Kueri praproses atribut kecepatan angin maksimum dan arah angin

Gambar 6 melakukan pengisian nilai kecepatan angin maksimum dan arah angin pada provinsi Riau. Kueri yang sama dilakukan pada data seluruh provinsi data patroli wilayah Sumatra dan Kalimantan.

- Pengisian *missing value* atribut cuaca pagi, cuaca siang, dan cuaca sore. Presentase *missing value* pada atribut cuaca pagi, cuaca siang dan cuaca sore pada dataset wilayah Sumatra dan Kalimantan mencapai lebih dari 50%. Pengisian *missing value* dilakukan dengan melakukan klasifikasi untuk memprediksi cuaca pagi, cuaca siang dan cuaca sore berdasarkan atribut suhu, kelembaban, curah hujan, arah angin serta kecepatan angin maksimum. Klasifikasi dilakukan menggunakan metode pohon keputusan dengan membagi data menjadi data latih dan data uji. Data latih digunakan untuk pembentukan model klasifikasi, sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi model klasifikasi. Atribut cuaca pagi, siang dan sore menjadi kelas target, sedangkan atribut suhu, kelembaban, curah hujan, arah angin dan kecepatan angin maksimum menjadi kelas prediktor. Akurasi tertinggi model klasifikasi untuk memprediksi masing-masing kelas cuaca pagi, cuaca siang, dan cuaca sore dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 Akurasi hasil klasifikasi

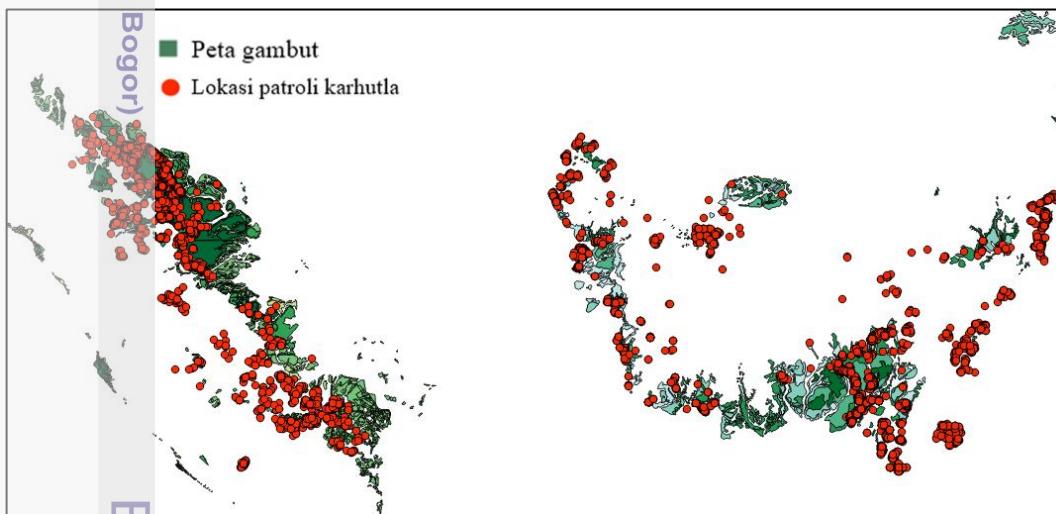
Kelas	Akurasi model klasifikasi cuaca	
	Kalimantan	Sumatra
Cuaca pagi	80.00%	94.29%
Cuaca siang	85.71%	94.93%
Cuaca sore	79.31%	92.03%

Model terbaik untuk memprediksi masing-masing kelas digunakan untuk memberi label pada data yang mengadung *missing value*.



Praproses Data Patroli Karhutla menggunakan Peta Lahan Gambut

Peta lahan gambut yang digunakan adalah peta lahan gambut tahun 2002 wilayah Sumatra dan Kalimantan yang diperoleh dari Wetlands. Peta lahan gambut digunakan untuk mengisi *missing value* pada atribut jenis tanah dan atribut kedalaman tanah pada peta lahan gambut. Nilai pada atribut jenis tanah data patroli terdiri atas tanah gambut dan tanah mineral. Penanganan *missing value* dapat dilakukan dengan melakukan tumpang tindih (*overlay*) antara lokasi kegiatan patroli dan peta lahan gambut. Jika titik koordinat lokasi kegiatan patroli berada di sekitar wilayah peta lahan gambut, maka diasumsikan jenis tanah pada lokasi patroli tersebut adalah tanah gambut. Sebaliknya, jika lokasi patroli tidak berada di wilayah peta lahan gambut, maka jenis tanah pada kegiatan patroli tersebut adalah tanah mineral. Visualisasi dilakukan pada QGIS dengan cara menambahkan *layer* data patroli dengan tipe *point* dan *layer* lahan gambut berbentuk poligon. Visualisasi data patroli dan peta lahan gambut terdapat pada Gambar 7.

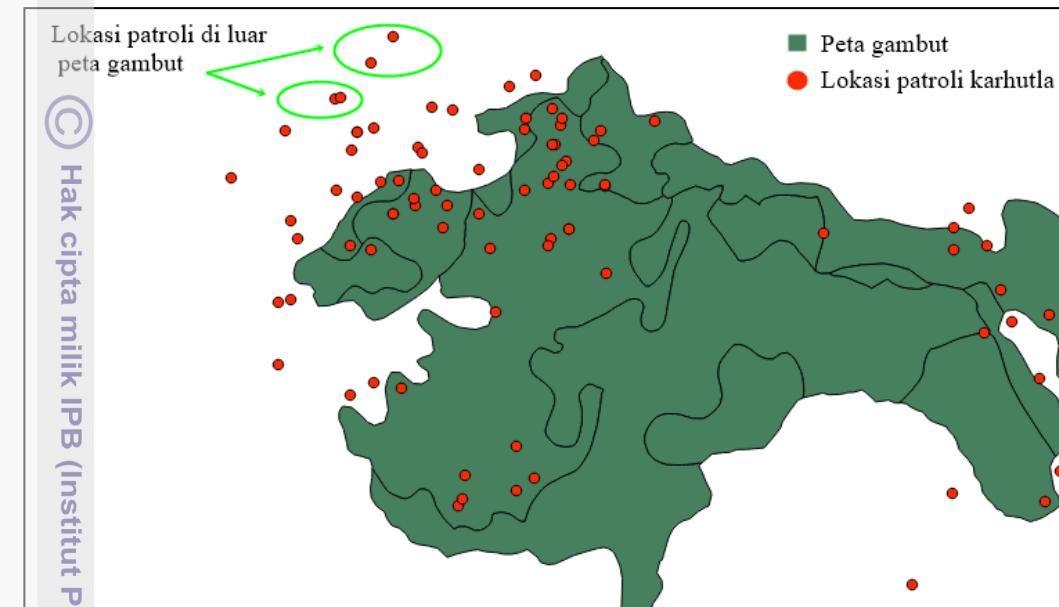


Gambar 7 Hasil *overlay* data patroli dan peta lahan gambut

Setelah kedua *layer* ditumpang tindih terlihat lokasi patroli yang berada di dalam peta dan lokasi yang berada di luar peta lahan gambut. Pengisian nilai *missing value* atribut jenis tanah pada lokasi patroli yang berada di dalam peta lahan gambut

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 8 Hasil *overlay* lokasi patroli dan peta lahan gambut

```
UPDATE data_patroli_sumatera AS a
SET tanah = 'gambut'
FROM sumatera_wetland AS b
WHERE ST_WITHIN(a.geom, b.geom);
```

Gambar 9 Kueri untuk lokasi patroli yang berada di dalam peta lahan gambut

Gambar 9 berisi kueri untuk mengisi nilai *missing value* pada atribut jenis tanah menjadi tanah jenis gambut, untuk lokasi patroli yang berada di atas peta lahan gambut. Selanjutnya dijalankan kueri pada Gambar 10.

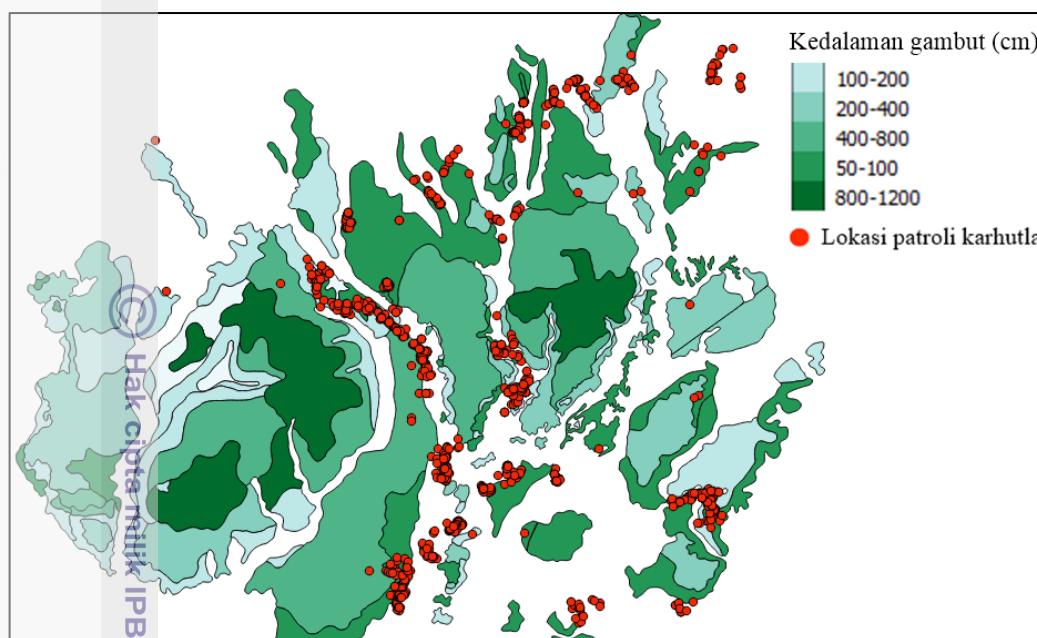
```
UPDATE data_patroli_sumatera
SET tanah = 'mineral'
WHERE gid NOT IN ( SELECT d.gid FROM data_patroli_sumatera AS d,
sumatera_wetland AS p WHERE ST_Within(d.geom, p.geom));
```

Gambar 10 Kueri untuk lokasi patroli yang berada di luar peta lahan gambut

Gambar 10 berisi kueri untuk mengisi nilai *missing value* pada atribut jenis tanah menjadi tanah jenis mineral, untuk lokasi patroli yang berada di luar peta lahan gambut. Peta lahan gambut Wetlands memiliki data kedalaman gambut tiap wilayah, sehingga lokasi patroli yang berada di atas peta lahan gambut dapat

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Gambar 11 Visualisasi kedalaman gambut pada peta lahan gambut

Kueri untuk mendapatkan kedalaman lahan gambut sesuai lokasi kegiatan patroli dapat dilihat pada Gambar 12.

```
UPDATE data_patroli_sumatera as a SET dlm_gambut = b.depth
FROM sumatera_wetland as b
WHERE ST_WITHIN(a.geom, b.geom);
```

Gambar 12 Kueri untuk mendapatkan kedalaman lahan gambut

Gambar 12 berisi kueri untuk mengisi nilai *missing value* pada atribut kedalaman gambut dengan mengambil kedalaman gambut yang bersesuaian pada *layer* peta gambut, jika lokasi patroli bertumpang tindih dengan peta lahan gambut. Sedangkan untuk lokasi patroli yang berada di luar peta lahan gambut, akan dijalankan kueri pada Gambar 13.

```
UPDATE data_patroli_sumatera as a SET dlm_gambut = 'tidak tersedia'
WHERE tanah = 'mineral';
```

Gambar 13 Kueri untuk tanah jenis mineral

Gambar 13 berisi kueri untuk mengisi nilai *missing value* atribut kedalaman gambut dengan nilai ‘tidak tersedia’ untuk tanah jenis mineral.

Praproses Atribut Kondisi Vegetasi Jenis Vegetasi

Atribut kondisi vegetasi berisi nilai kering, sedang, atau basah. Praproses atribut kondisi vegetasi dilakukan dengan menjalankan kueri pada Gambar 14.

```

SELECT a.gid as gid_na, b.gid as gid_konveg, ST_Distance(a.geom,
b.geom), a.tgl_keg_pa as tgl_NA, b.tgl_keg_pa as tgl_konveg,
b.kondisiveg
INTO tglsama_konveg
FROM nakonveg_sumatera as a, konveg_sumatera as b
WHERE a.tgl_keg_pa = b.tgl_keg_pa
ORDER BY a.gid;

SELECT * INTO terdekat_konveg FROM tglsama_konveg
WHERE st_distance = (select min(st_distance) from tglsama_konveg
as sub where sub.gid_na = tglsama_konveg.gid_na);

UPDATE data_patroli_sumatera
SET kondisiveg = b.kondisiveg
FROM terdekat_konveg as b
WHERE data_patroli_sumatera.gid = b.gid_na AND b.st_distance <
3*11.322
  
```

Gambar 14 Kueri praproses atribut kondisi vegetasi

Gambar 14 berisi kueri praproses atribut kondisi vegetasi, yang dilakukan dengan memisahkan data yang lengkap dengan data yang mengandung *missing value* pada tabel yang berbeda. Setelah dipisahkan, dilakukan perhitungan jarak antara lokasi patroli pada kedua tabel dengan kondisi tanggal yang sama. Selanjutnya dilakukan pencarian jarak lokasi patroli terdekat dengan lokasi patroli yang mengandung *missing value*. Setelah didapatkan lokasi terdekat, data kondisi vegetasinya dapat ditentukan dan diisi ke lokasi yang mengandung *missing value*.

Tahap praproses selanjutnya adalah mengelompokkan vegetasi pada atribut jenis vegetasi. Atribut jenis vegetasi memiliki lebih dari 600 baris nilai yang unik, sehingga perlu dilakukan pengelompokan agar dapat digunakan pada tahap klasifikasi. Setelah dilakukan pengelompokan jenis vegetasi, atribut vegetasi memiliki 39 baris nilai yang unik. Contoh vegetasi sebelum dikelompokkan dan sesudah dikelompokkan dapat dilihat pada Tabel 8. Pengelompokan jenis vegetasi lengkap dapat dilihat pada Lampiran 1.

Tabel 8 Nilai pada atribut jenis vegetasi

Vegetasi sebelum dikelompokan	Vegetasi sesudah dikelompokan
Ilalang, alang-alang	Rerumputan
Rumput liar	Rerumputan
Resam	Tumbuhan paku
Pakis	Tumbuhan paku
Ilalang, resam	Rerumputan dan tumbuhan paku

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Penentuan Label Kelas

Kelas target pada data patroli kebakaran hutan Sumatra dan Kalimantan adalah potensi terjadinya kebakaran hutan pada area lahan. Nilai dari kelas targetnya terbagi menjadi tiga, yaitu daerah yang berpotensi tinggi, sedang, atau rendah terjadi kebakaran hutan. Penentuan label kelas dilakukan menggunakan R, dengan menjadikan atribut potensi sebagai kelas target. Jumlah data pada kelas tinggi, sedang, dan rendah pada data patroli wilayah Sumatra dan Kalimantan dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 Jumlah data pada kelas data patroli karhutla

Dataset	Jumlah data		
	Kelas rendah	Kelas sedang	Kelas tinggi
Kalimantan	1 132	1 277	447
Sumatra	896	766	616

Pembagian Data

Pembagian data dilakukan menggunakan metode *k-fold cross validation* jumlah K = 10 pada R dengan *library plyr*. Tahap awal adalah pengacakan data menggunakan fungsi *random* yang terdapat pada R. Selanjutnya data yang memiliki kelas yang sama digabungkan ke dalam satu *data frame*, sehingga terbentuk tiga *data frame* yaitu potensi tinggi, sedang, dan rendah. Setelah itu dilakukan kembali pengacakan data di setiap *data frame*, dan diberi label indeks dari satu sampai dengan sepuluh pada setiap baris data. Tujuannya agar masing-masing *fold* memiliki proporsi data yang seimbang. Data wilayah Sumatra berjumlah 2 278 baris, sedangkan data wilayah Kalimantan berjumlah 2 856 baris. Pembagian *dataset* adalah 90% data latih dan 10% data uji. Distribusi kelas pada data latih dan data uji dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 Distribusi kelas pada data latih dan data uji

	<i>Dataset</i> Sumatra		<i>Dataset</i> Kalimantan	
	Data latih	Data uji	Data latih	Data uji
Kelas tinggi	554	62	402	45
Kelas sedang	689	77	1 149	128
Kelas rendah	806	90	1 019	113
Jumlah	2 049	229	2 570	286

Pembuatan Model Klasifikasi menggunakan Algoritme C5.0

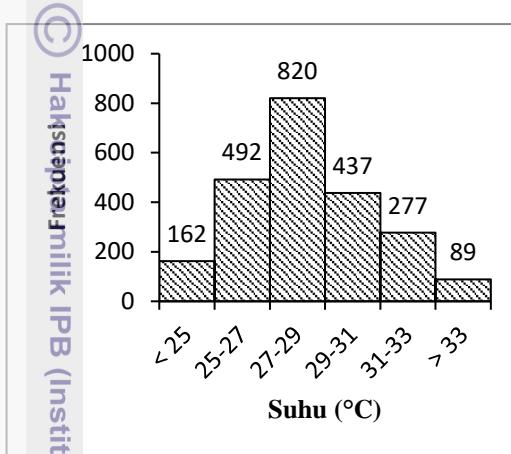
Implementasi algoritme C5.0 tersedia pada perangkat lunak R dalam *package* ‘c50’. Algoritme C5.0 menghasilkan model klasifikasi berupa model pohon keputusan dan model berbasis aturan. Model berbasis aturan dihasilkan dari model berbasis aturan yang memiliki kondisi *if-then* menghasilkan kondisi yang tidak sama. Model berbasis aturan memiliki banyak aturan yang dapat disederhanakan

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

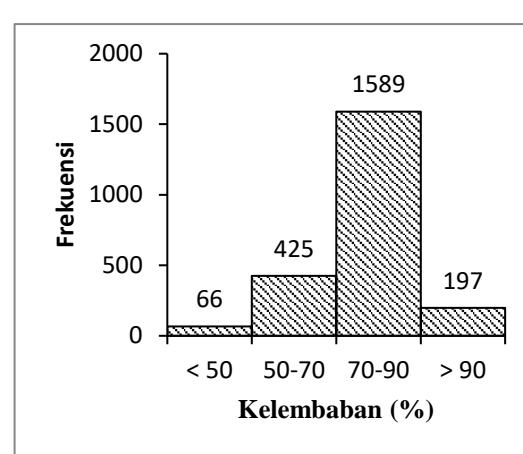
- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

sehingga aturan yang dihasilkan berjumlah lebih sedikit dari aturan yang dihasilkan oleh model berbasis pohon keputusan. Untuk mendapatkan model pohon keputusan dan model berbasis aturan dilakukan terlebih dahulu partisi data latih dan data uji. Partisi data ini menggunakan *10-fold cross validation*.

Atribut yang digunakan sebagai kelas prediktor untuk *dataset* wilayah Sumatra adalah atribut suhu ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban (%), curah hujan (mm), kecepatan angin maksimum (knot), arah angin ($^{\circ}$), cuaca pagi, cuaca siang, cuaca sore, kondisi vegetasi, jenis vegetasi, jenis tanah dan kedalaman gambut. Histogram sebaran nilai atribut suhu dan kelembaban *dataset* wilayah Sumatra dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16.

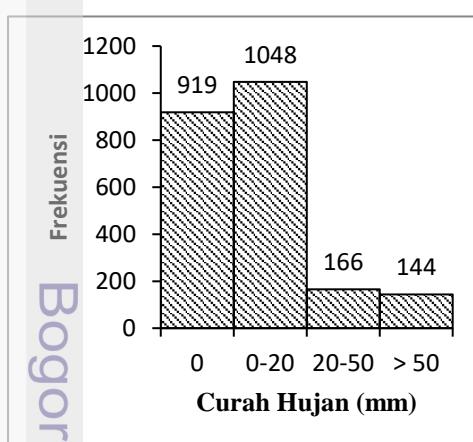


Gambar 15 Histogram atribut suhu *dataset* Sumatra

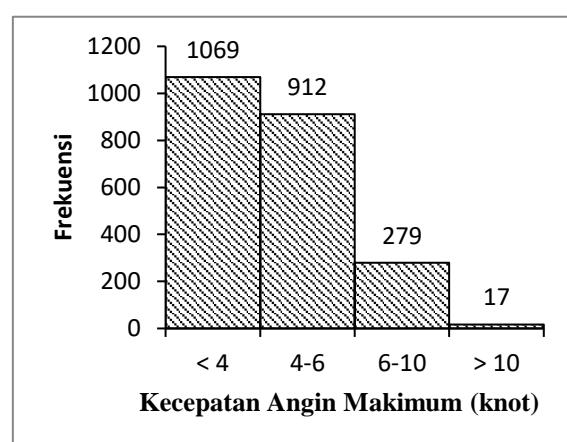


Gambar 16 Histogram atribut kelembaban *dataset* Sumatra

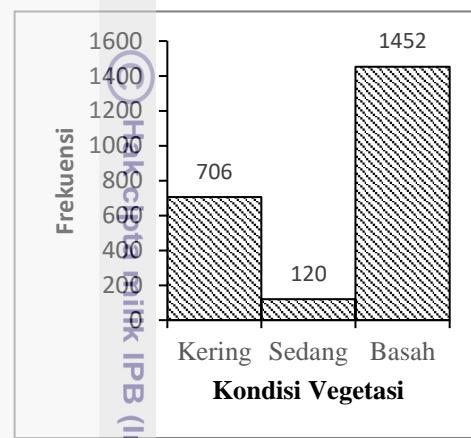
Gambar 15 menunjukkan bahwa lokasi patroli karhulta wilayah Sumatra sebagian besar memiliki suhu 27°C sampai dengan 29°C . Gambar 16 menunjukkan sebagian besar lokasi patroli karhulta wilayah Sumatra memiliki tingkat kelembaban yang tinggi, yaitu sekitar 70% sampai dengan 90%. Histogram sebaran nilai atribut kecepatan angin maksimum dan curah hujan *dataset* wilayah Sumatra dapat dilihat pada Gambar 17 dan Gambar 18.



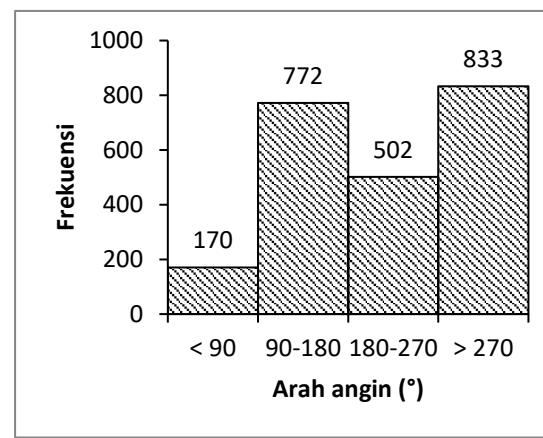
Gambar 17 Histogram atribut curah hujan *dataset* Sumatra



Gambar 18 Histogram atribut kecepatan angin maksimum *dataset* Sumatra

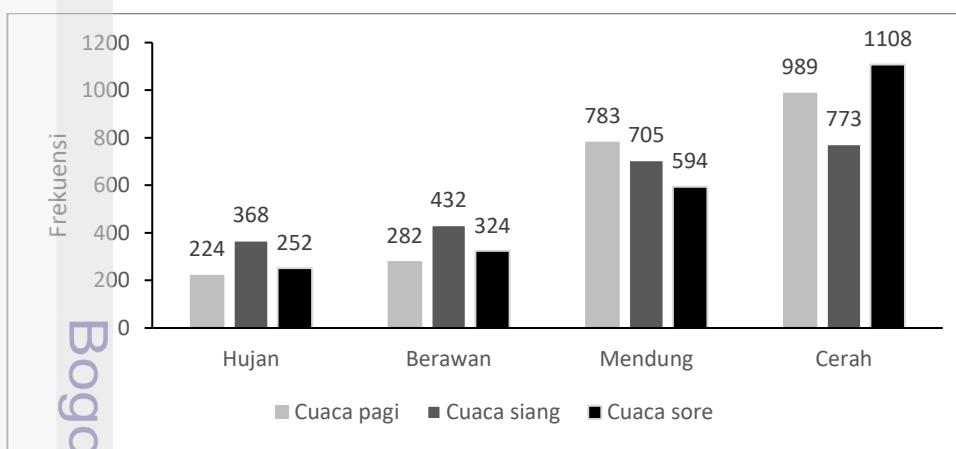


Gambar 19 Histogram atribut kondisi vegetasi *dataset* Sumatra



Gambar 20 Histogram atribut arah angin *dataset* Sumatra

Gambar 19 menunjukkan bahwa atribut kondisi vegetasi memiliki tiga nilai yaitu kondisi kering, sedang, dan basah. Kondisi vegetasi pada lokasi patroli karhutla wilayah Sumatra sebagian besar adalah basah. Arah angin memiliki rentang nilai 0° sampai dengan 360° . Gambar 20 menunjukkan bahwa arah angin pada lokasi patroli sebagian besar memiliki nilai lebih dari 270° . Histogram atribut cuaca pagi, cuaca siang, dan cuaca sore *dataset* wilayah Sumatra dapat dilihat pada Gambar 21.

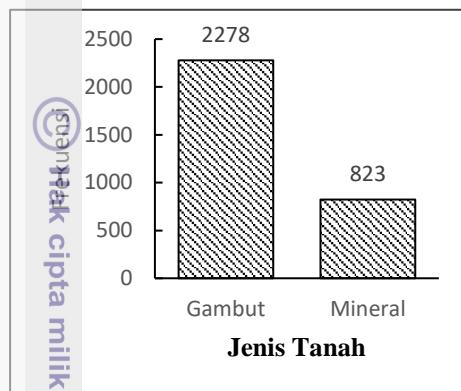


Gambar 21 Histogram atribut cuaca pagi, siang, dan sore *dataset* Sumatra

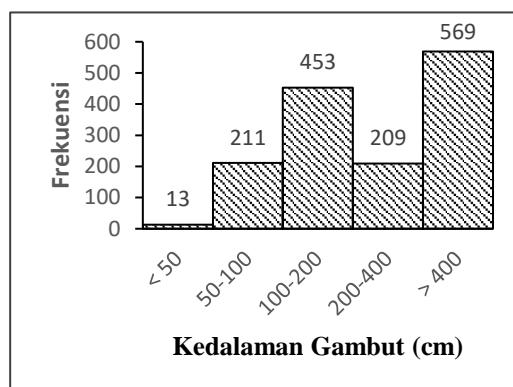
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
 ©uanak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Gambar 21 menunjukkan nilai atribut cuaca pagi, cuaca siang dan cuaca sore. Modus atau nilai yang paling sering muncul dari ketiga atribut cuaca pagi, cuaca siang, dan cuaca sore adalah cerah. Hal ini menunjukkan bahwa cuaca pagi, cuaca siang, dan cuaca sore lokasi patroli karhulta sebagian besar adalah cerah. Jenis tanah dan kedalaman gambut lokasi patroli karhulta berdasarkan peta lahan gambut Wetlands wilayah Sumatra tahun 2002 dapat dilihat pada Gambar 22 dan Gambar 23.

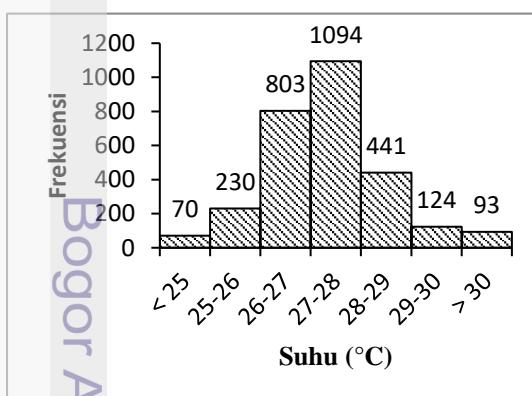


Gambar 22 Histogram jenis tanah dataset Sumatra

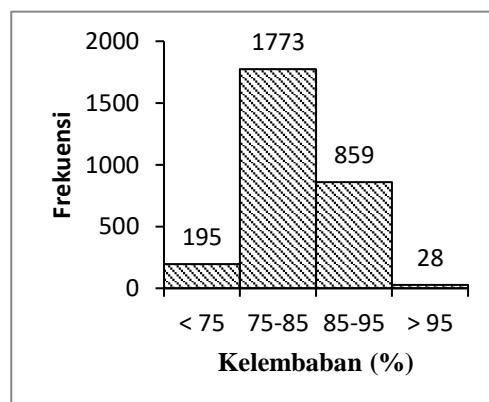


Gambar 23 Histogram kedalaman gambut dataset Sumatra

Gambar 22 menunjukkan bahwa lokasi patroli karhulta wilayah Sumatra sebagian besar memiliki jenis tanah gambut. Peta lahan gambut Wetlands tahun 2002 memiliki data kedalaman gambut yang terbagi menjadi lima kategori, yaitu kedalaman kurang dari 50 cm, kedalaman 50 cm sampai 100 cm, kedalaman 100 cm sampai 200 cm, kedalaman 200 cm sampai 400 cm, dan kedalaman lebih dari 400 cm. Gambar 23 menunjukkan sebagian besar lokasi patroli karhulta wilayah Sumatra yang berjenis tanah gambut memiliki kedalaman lebih dari 400 cm. Atribut yang digunakan sebagai kelas prediktor untuk *dataset* wilayah Kalimantan adalah atribut suhu ($^{\circ}\text{C}$), kelembaban (%), curah hujan (mm), kecepatan angin maksimum (knot), arah angin ($^{\circ}$), cuaca pagi, cuaca siang, cuaca sore, kondisi vegetasi, jenis vegetasi, jenis tanah, kedalaman gambut, dan kondisi lahan. Histogram atribut suhu dan kelembaban *dataset* wilayah Kalimantan dapat dilihat pada Gambar 24 dan Gambar 25.



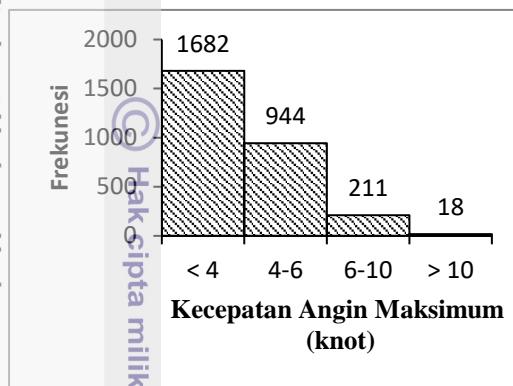
Gambar 24 Histogram atribut suhu dataset Kalimantan



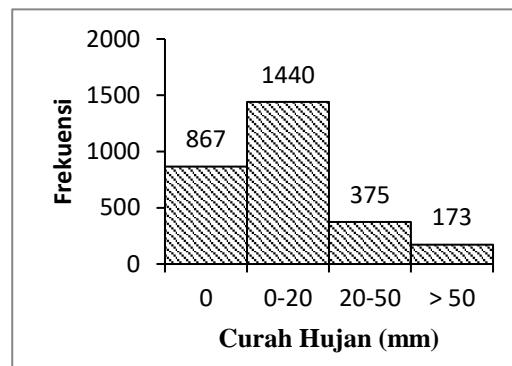
Gambar 25 Histogram atribut kelembaban dataset Sumatra

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

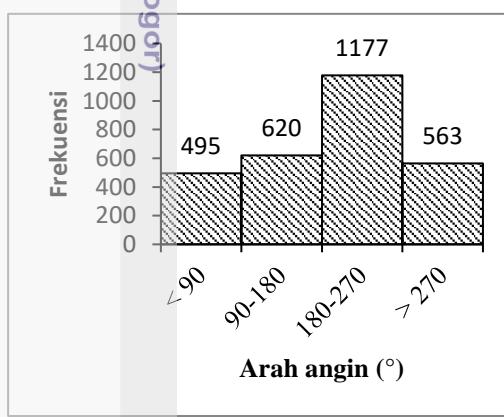


Gambar 26 Histogram atribut kecepatan angin maksimum *dataset* Kalimantan

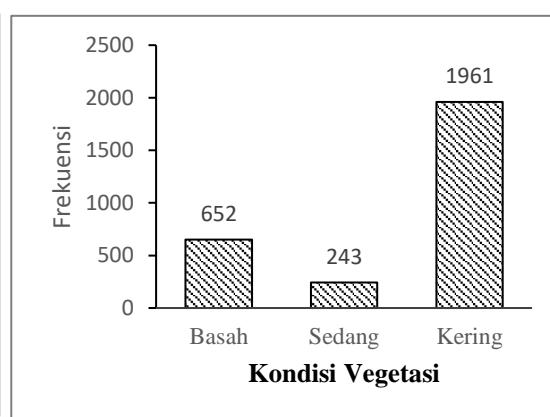


Gambar 27 Histogram atribut curah hujan *dataset* Kalimantan

Gambar 26 menunjukkan bahwa kecepatan angin maksimum pada lokasi patroli karhulta wilayah Kalimantan sebagian besar memiliki nilai kurang dari 4 knot. Gambar 27 menunjukkan bahwa curah hujan di lokasi kegiatan patroli karhulta cenderung rendah, yaitu antara 0 mm sampai dengan 20 mm. Histogram atribut arah angin dan kondisi vegetasi *dataset* wilayah Kalimantan dapat dilihat pada Gambar 28 dan Gambar 29.



Gambar 28 Histogram atribut arah angin *dataset* Sumatra



Gambar 29 Histogram atribut kondisi vegetasi *dataset* Kalimantan

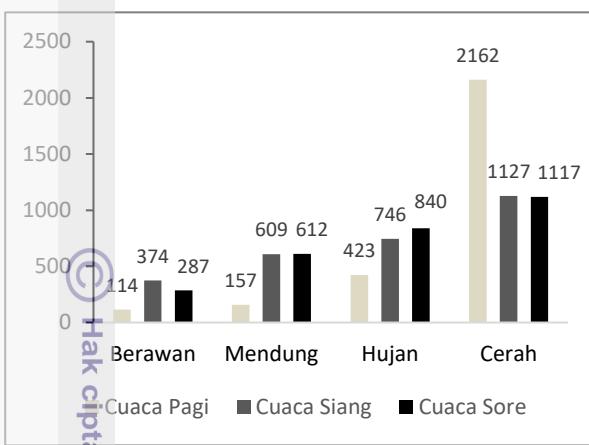
Gambar 28 menunjukkan bahwa arah angin pada lokasi patroli wilayah Kalimantan sebagian besar memiliki nilai antara 180° sampai dengan 270°. Gambar 29 menunjukkan kondisi vegetasi pada lokasi patroli karhulta wilayah Kalimantan sebagian besar adalah kering. Histogram atribut cuaca pagi, cuaca siang, dan cuaca

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

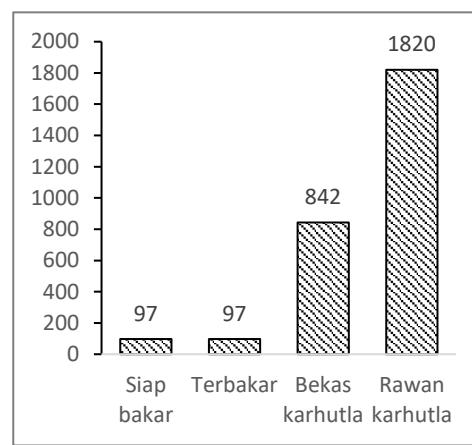
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

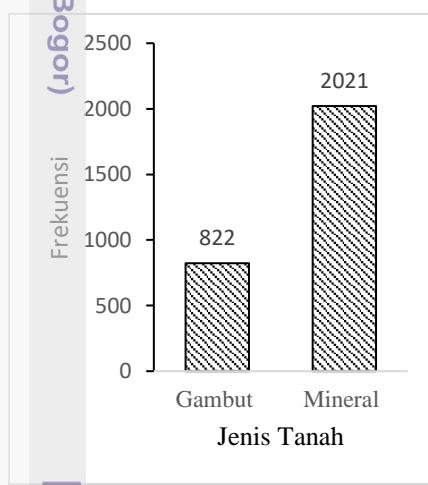


Gambar 30 Histogram atribut cuaca pagi, siang, dan sore *dataset* Kalimantan

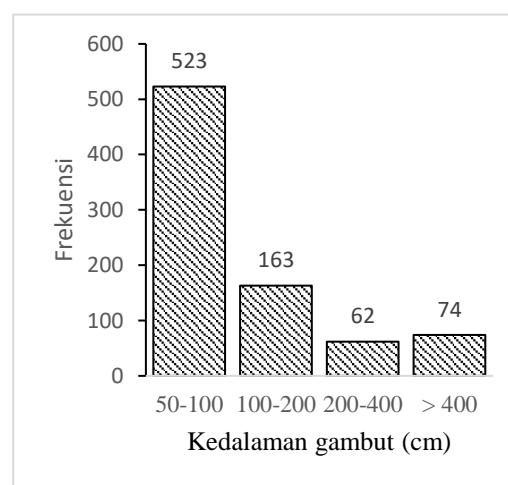


Gambar 31 Histogram atribut kondisi lahan *dataset* Kalimantan

Gambar 30 menunjukkan nilai yang paling sering muncul dari ketiga atribut cuaca pagi, cuaca siang, dan cuaca sore *dataset* Kalimantan adalah cerah. Presentase nilai cerah pada atribut cuaca pagi mencapai 75%, hal ini menunjukkan komisi cuaca pagi saat kegiatan patroli dilakukan sebagian besar adalah cerah. Jenis tanah dan kedalaman gambut lokasi patroli karhutla Kalimantan berdasarkan peta lahan gambut Wetlands wilayah Kalimantan tahun 2002 dapat dilihat pada Gambar 32 dan Gambar 33.



Gambar 32 Histogram jenis tanah *dataset* Kalimantan



Gambar 33 Histogram kedalaman gambut *dataset* Kalimantan

Gambar 32 menunjukkan bahwa lokasi patroli karhutla wilayah Kalimantan sebagian besar memiliki jenis tanah mineral. Gambar 33 menunjukkan sebagian besar lokasi patroli karhutla wilayah Kalimantan yang berjenis tanah gambut

sore *dataset* wilayah Kalimantan dapat dilihat pada Gambar 30, histogram atribut kondisi lahan *dataset* Kalimantan dapat dilihat pada Gambar 31.

memiliki kedalaman antara 50 cm sampai 100 cm. Pembuatan model klasifikasi potensi karhutla dilakukan dengan memisahkan antara *dataset* Sumatra dan Kalimantan, sehingga dihasilkan dua model klasifikasi yaitu model klasifikasi potensi karhutla wilayah Sumatra dan model klasifikasi potensi karhutla wilayah Kalimantan. Pembuatan dua model klasifikasi yang berbeda antara wilayah Sumatra dan Kalimantan disebabkan oleh karakteristik cuaca dan karakteristik gambut yang berbeda antara kedua wilayah tersebut.

Model klasifikasi pada tiap *fold* menghasilkan ukuran pohon dan jumlah aturan yang berbeda-beda. Aturan yang dihasilkan oleh model klasifikasi digunakan untuk memprediksi potensi terjadinya karhutla. Ukuran pohon dan jumlah aturan yang dihasilkan oleh model klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 11 dan Tabel 12.

Tabel 11 Hasil model klasifikasi tiap *fold dataset* Kalimantan

	Fold ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ukuran pohon	162	175	184	184	158	173	195	161	180	162
Jumlah aturan	93	82	105	98	83	83	98	82	89	84

Tabel 12 Hasil model klasifikasi tiap *fold dataset* Sumatra

	Fold ke-									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ukuran pohon	257	188	166	137	204	255	189	257	232	229
Jumlah aturan	116	92	78	69	96	117	90	106	101	118

Dataset wilayah Kalimantan dan Sumatra menghasilkan jumlah aturan yang berbeda di setiap *fold* nya. Penentuan karakteristik area yang berpotensi terjadinya karhutla dapat dilakukan dengan menganalisis aturan-aturan yang terbentuk. Model klasifikasi menghasilkan sejumlah aturan yang terdiri dari aturan untuk memprediksi masing-masing kelas yaitu potensi rendah, sedang dan tinggi. Tabel 13 dan Tabel 14 menunjukkan jumlah aturan untuk masing-masing kelas di hasil klasifikasi di tiap *fold*.

Tabel 13 Jumlah aturan yang dihasilkan model klasifikasi *dataset* Kalimantan

Fold ke-	Jumlah aturan		
	Kelas rendah	Kelas sedang	Kelas tinggi
1	41	27	25
2	44	12	26
3	43	36	26
4	48	22	28
5	42	15	26
6	35	18	30
7	46	20	32
8	40	15	27
9	46	17	26
10	35	19	30

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang © Hak cipta puiuk IPB (Institut Pertanian Bogor)
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 14 Jumlah aturan yang dihasilkan pada model klasifikasi *dataset* Sumatra

<i>Fold</i> ke-	Jumlah aturan		
	Kelas rendah	Kelas sedang	Kelas tinggi
1	43	26	47
2	37	14	41
3	43	15	20
4	18	20	31
5	28	33	35
6	44	30	43
7	36	13	41
8	50	17	33
9	33	39	29
10	53	43	22

Evaluasi Model Klasifikasi

Evaluasi dilakukan untuk mendapatkan model terbaik dari hasil klasifikasi. Evaluasi dilakukan dengan menghitung akurasi ketepatan model memprediksi kelas pada tiap *fold*. Model dengan akurasi tertinggi akan dipilih sebagai model terbaik, dan model tersebut akan digunakan untuk tahap analisis menentukan karakteristik area yang berpotensi terjadinya karhutla. Akurasi rata-rata model pohon keputusan *dataset* Kalimantan adalah 91.24%, akurasi tertinggi terdapat pada *fold* 5 yaitu 93.01%. Model pohon keputusan untuk *dataset* Sumatra memiliki rata-rata akurasi 83.11%, akurasi tertinggi terdapat pada *fold* 5 yaitu 86.46%. Nilai akurasi pohon keputusan per *k-fold* pada *dataset* Kalimantan dan Sumatra dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15 Akurasi model pohon keputusan tiap *fold*

<i>Fold</i> ke-	Akurasi model pohon keputusan	
	Kalimantan	Sumatra
1	91.98%	82.53%
2	92.65%	83.84%
3	89.78%	85.59%
4	91.95%	81.65%
5	93.01%	86.46%
6	91.19%	85.15%
7	90.55%	82.09%
8	91.90%	81.22%
9	89.51%	84.71%
10	89.89%	83.84%

Model pohon keputusan dengan akurasi tertinggi pada dataset Sumatra dan Kalimantan terdapat pada *fold* ke 5. *Confusion matrix* hasil klasifikasi *fold* ke 5

dataset Kalimantan dapat dilihat pada Tabel 16, sedangkan untuk *dataset* Sumatra terdapat pada Tabel 17. *Confusion matrix fold* lainnya dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 16 *Confusion matrix* model pohon keputusan *fold 5 dataset* Kalimantan

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	104	5	3
Sedang	8	122	2
Tinggi	1	1	40

Tabel 17 *Confusion matrix* model pohon keputusan *fold 5 dataset* Sumatra

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	81	9	6
Sedang	7	65	4
Tinggi	2	3	52

Akurasi model berbasis aturan serta *sensitivity* tiap kelas pada model pohon keputusan terbaik dapat dilihat pada Tabel 18.

Tabel 18 Nilai evaluasi model klasifikasi

Dataset	Akurasi model berbasis aturan	<i>Sensitivity</i>		
		Kelas rendah	Kelas sedang	Kelas tinggi
Kalimantan	91.96%	92.04%	95.31%	88.89%
Sumatra	82.97%	90.00%	84.42%	83.87%

Penentuan Karakteristik Area yang Berpotensi terjadinya Karhutla

Model klasifikasi terbaik pada *dataset* wilayah Kalimantan menghasilkan 83 aturan, yang terdiri dari 42 aturan untuk memprediksi potensi rendah, 15 aturan untuk memprediksi potensi sedang, dan 26 aturan untuk memprediksi potensi tinggi. Contoh aturan yang memiliki akurasi tinggi hasil klasifikasi model berbasis aturan pada *dataset* Kalimantan adalah sebagai berikut:

- R1 IF kelembaban < 77 AND curah_hujan > 49 THEN Class rendah (159, lift 2.5) [0.994]
- R2 IF curah_hujan <= 10 AND arah_angin > 30 AND arah_angin <= 60 AND kecepatan_angin_maksimum <= 5 AND vegetasi in {(Pepohonan dan Semak Belukar), (Semak Belukar), (Rerumputan)} THEN Class rendah (107, lift 2.5) [0.991]
- R3 IF curah_hujan <= 49 AND arah_angin > 60 AND arah_angin <= 80 THEN class sedang (76, lift 2.2) [0.987]
- R4 IF kelembaban > 80 AND arah_angin <= 220 AND arah_angin_maksimum < 7 THEN Class sedang (18, 2.1) [0.950]
- R5 IF kondisi_vegetasi = kering AND kelembaban <= 80 AND curah_hujan > 0 AND curah_hujan <= 16 AND cuaca_sore in {(berawan), (cerah)} AND kecepatan_angin_maksimum > 4 THEN Class tinggi (90/1, lift 6.3) [0.987]

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Aturan R1 menyatakan jika kelembaban kurang dari 77% dan curah hujan lebih besar dari 49 mm maka wilayah tersebut diklasifikasikan memiliki potensi rendah terjadinya kebakaran hutan, dengan nilai statistik (159, *lift* 2.5) [0.994]. Masing-masing aturan memiliki nilai statistik (n/m), *lift*, dan akurasi dimana nilai n adalah jumlah data latih yang tergolong ke dalam kriteria aturan tersebut sedangkan m adalah jumlah data latih yang salah terprediksi pada aturan tersebut. Pada aturan R5, nilai statistik (90/1) adalah 90 data latih tergolong ke dalam aturan tersebut dan 1 diantaranya adalah data yang salah terprediksi. Nilai akurasi tiap aturan dihitung menggunakan estimasi rasio Laplace, sedangkan nilai *lift* merupakan hasil pembagian akurasi aturan dengan frekuensi relatif kelas yang diprediksi pada data latih. Pada aturan R5 jika kondisi vegetasi suatu wilayah adalah kering dan kelembaban kurang dari atau sama dengan 80% dan curah hujan lebih besar dari 0 mm dan kurang dari atau sama dengan 16 mm dan cuaca sore berawan atau cerah dan kecepatan angin maksimum adalah 4 knot, maka wilayah tersebut diklasifikasikan memiliki potensi tinggi terjadi kebakaran hutan dengan nilai statistik (90/1, *lift* 6.3) [0.987]. Aturan untuk memprediksi potensi tinggi terjadinya karhutla dari model klasifikasi terbaik wilayah Kalimantan dan Sumatra dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 3.

Hasil klasifikasi model berbasis aturan memiliki perbedaan penggunaan atribut penjelas pada setiap aturan yang dihasilkan. Penggunaan atribut pada model klasifikasi *dataset* wilayah Kalimantan dapat dilihat pada Tabel 19.

Tabel 19 Penggunaan atribut pada model klasifikasi *dataset* Kalimantan

Atribut	Penggunaan atribut
Curah hujan	99.77%
Arah angin	53.74%
Kondisi vegetasi	47.70%
Kelembaban	46.69%
Kecepatan angin maksimum	42.33%
Suhu	34.12%
Vegetasi	26.77%
Cuaca sore	14.12%
Cuaca pagi	13.35%
Cuaca siang	9.49%
Kedalaman gambut	6.65%
Kondisi lahan	5.56%
Tanah	0.43%

Berdasarkan Tabel 19, faktor yang paling berpengaruh untuk memprediksi potensi terjadinya karhutla di wilayah Kalimantan adalah curah hujan. Hal ini ditunjukkan oleh presentase penggunaan atribut curah hujan pada aturan model klasifikasi mencapai 99.77%. Semakin tinggi presentase penggunaan atribut di dalam model klasifikasi, menunjukkan semakin berpengaruh faktor tersebut untuk memprediksi potensi karhutla. Faktor-faktor lainnya seperti kondisi lahan dan tanah tidak berpengaruh secara signifikan untuk memprediksi potensi terjadinya karhutla pada *dataset* wilayah Kalimantan.

Secara umum, faktor cuaca pada wilayah titik panas yang berpotensi terjadinya karhutla berdasarkan model klasifikasi wilayah Kalimantan yang terbentuk adalah:

- Curah hujan berada pada rentang 0 mm sampai dengan 16 mm.
- Kondisi vegetasi pada wilayah titik panas adalah kering.
- Kelembaban kurang dari 80%.
- Kecepatan angin maksimum adalah 4 knot.
- Arah angin berada pada rentang 80° sampai dengan 280° .
- Suhu lebih besar dari 27°C .

Sebanyak 26 aturan hasil klasifikasi untuk memprediksi potensi tinggi, 7 diantaranya terdapat atribut vegetasi. Satu aturan dapat terdiri dari beberapa jenis vegetasi. Karakteristik vegetasi yang berpotensi tinggi terjadinya karhutla berdasarkan model klasifikasi *dataset* wilayah Kalimantan dapat dilihat pada Tabel 20.

Tabel 20 Kemunculan vegetasi pada kelas potensi tinggi wilayah Kalimantan

Vegetasi	Frekuensi	Presentase
Semak Belukar	7	100%
Tumbuhan Paku	5	71.42%
Pepohonan	5	71.42%
Rerumputan	4	57.14%
Galam	3	42.85%
Karet	1	14.28%

Model klasifikasi terbaik pada *dataset* wilayah Sumatra menghasilkan 96 aturan, yang terdiri dari 28 aturan untuk memprediksi potensi rendah, 33 aturan untuk memprediksi potensi sedang, dan 35 aturan untuk memprediksi potensi tinggi. Hasil klasifikasi model berbasis aturan memiliki perbedaan penggunaan atribut penjelas pada setiap aturan yang dihasilkan. Penggunaan atribut pada model klasifikasi *dataset* wilayah Sumatra dapat dilihat pada Tabel 21.

Tabel 21 Penggunaan atribut pada model klasifikasi *dataset* Sumatra

Atribut	Penggunaan Atribut
Kondisi vegetasi	84.80%
Tanah	76.36%
Kedalaman gambut	66.62%
Vegetasi	58.19%
Kelembaban	56.92%
Cuaca siang	55.85%
Curah hujan	33.87%
Kecepatan angin maksimal	27.53%
Suhu	26.12%
Cuaca sore	14.23%
Arah angin	12.67%
Cuaca pagi	2.53%

Berdasarkan Tabel 21 faktor yang paling berpengaruh untuk memprediksi potensi terjadinya karhutla di wilayah Sumatra adalah kondisi vegetasi karena atribut kondisi vegetasi memiliki presentase penggunaan atribut tertinggi yaitu 84.80%. Wilayah yang berpotensi tinggi terjadinya karhutla berdasarkan model klasifikasi *dataset* wilayah Sumatra adalah wilayah yang memiliki karakteristik kondisi vegetasi kering. Secara umum, faktor cuaca pada wilayah titik panas yang berpotensi terjadinya karhutla berdasarkan model klasifikasi wilayah Sumatra yang terbentuk adalah:

- Kondisi vegetasi pada wilayah titik panas adalah kering.
- Cuaca siang pada wilayah titik panas adalah cerah.
- Kelembaban kurang dari 71%.
- Kecepatan angin maksimum lebih besar dari 4 knot.
- Arah angin berada pada rentang 50° sampai dengan 270°
- Suhu berada pada rentang 30°C sampai 32°C .
- Curah hujan berada pada rentang 0 mm sampai dengan 0.4 mm.

Sejumlah 22 aturan untuk memprediksi potensi tinggi terdapat atribut vegetasi. Vegetasi yang memiliki frekuensi kemunculan terbesar pada aturan yang dihasilkan adalah sawit dengan presentase kemunculan 68.18%. Presentase kemunculan jenis vegetasi pada aturan hasil klasifikasi adalah dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22 Kemunculan vegetasi pada kelas potensi tinggi wilayah Sumatra

Vegetasi	Frekuensi	Presentase
Sawit	15	68.18%
Pepohonan	10	45.45%
Rerumputan	9	40.91%
Tumbuhan Paku	9	40.91%
Semak Belukar	3	13.63%
Karet	3	13.63%

Sejumlah 19 aturan untuk memprediksi potensi tinggi terdapat atribut tanah dan kedalaman gambut. Jenis tanah yang memiliki frekuensi kemunculan terbesar pada aturan yang dihasilkan adalah tanah gambut, dengan presentase kemunculan 57.89%. Data jenis tanah dan kedalaman gambut yang digunakan untuk membuat model klasifikasi diperoleh dari peta lahan gambut milik Wetlands tahun 2002. Presentase jenis tanah dan kedalaman gambut yang berpotensi terjadinya karhutla berdasarkan aturan hasil klasifikasi dapat dilihat pada Tabel 23.

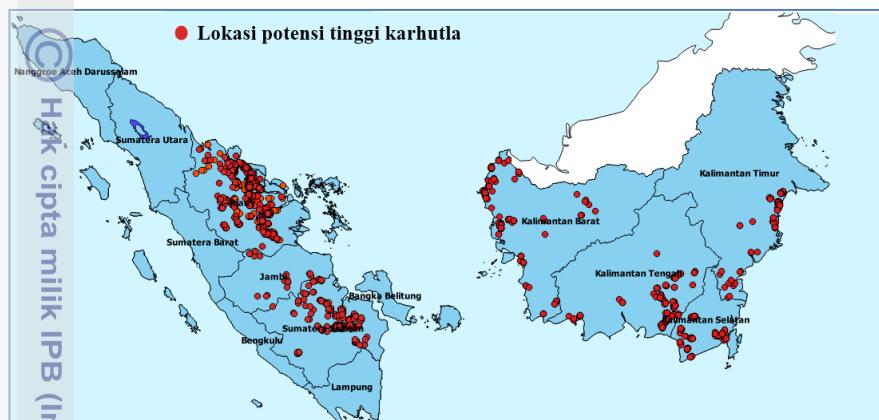
Tabel 23 Jenis tanah pada kelas potensi tinggi wilayah Sumatra

Jenis Tanah	Kedalaman Gambut (cm)	Presentase
Gambut	> 400	57.89%
Mineral	Tidak tersedia	52.63%
Gambut	200 – 400	42.10%
Gambut	100 – 200	26.31%
Gambut	50 – 100	26.31%
Gambut	< 50	5.26%

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

Visualisasi Hasil

Klasifikasi dilakukan pada data baru wilayah Sumatra sejumlah 1 118 baris, untuk menentukan label kelas potensi pada data baru. Hasil klasifikasi menunjukkan terdapat 297 lokasi yang berpotensi tinggi terjadinya karhutla. Visualisasi dilakukan pada data patroli Sumatra, Kalimantan, dan hasil prediksi data baru yang memiliki potensi tinggi. Lokasi patroli yang berpotensi tinggi terdapat pada Gambar 34.



Gambar 34 Lokasi patroli potensi tinggi terjadi karhutla

Hasil visualisasi menunjukkan terdapat 913 lokasi yang berpotensi tinggi terjadinya kebakaran hutan dan lahan pada pulau Sumatra, dan 447 lokasi pada pulau Kalimantan. Lokasi patroli yang berpotensi tinggi terjadinya karhutla pada provinsi Riau berjumlah 700 lokasi, provinsi Sumatra Selatan berjumlah 194 lokasi, Jambi berjumlah 19 lokasi, Kalimantan Tengah berjumlah 151 lokasi, Kalimantan Selatan berjumlah 84 lokasi, Kalimantan Barat berjumlah 130 lokasi, dan Kalimantan Timur berjumlah 82 lokasi.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ini berhasil mengklasifikasikan potensi terjadinya kebakaran hutan dan lahan pada wilayah Sumatra dan Kalimantan. Data patroli karhutla memiliki jumlah *missing value* yang tinggi, sehingga perlu mengambil informasi yang terdapat pada *dataset* lain seperti data iklim BMKG dan peta lahan gambut untuk mengisi nilai yang hilang pada masing-masing atribut. Model klasifikasi terbaik pada *dataset* Kalimantan memiliki akurasi 93.01% untuk model pohon keputusan dan akurasi 91.96% untuk model berbasis aturan, sedangkan *dataset* Sumatra memiliki akurasi 86.46% untuk model pohon keputusan dan 82.97% untuk model berbasis aturan. Presentase penggunaan atribut untuk mengklasifikasikan potensi terjadinya karhutla pada *dataset* Kalimantan berbeda dengan *dataset* Sumatra. Atribut yang paling berpengaruh untuk mengklasifikasikan potensi karhutla pada wilayah Kalimantan adalah curah hujan, sedangkan atribut yang paling berpengaruh untuk

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

mengklasifikasikan potensi karhutla pada wilayah Sumatra adalah kondisi vegetasi. Karakteristik area titik panas yang berpotensi tinggi terjadi kebakaran hutan wilayah Kalimantan adalah area yang memiliki curah hujan berada pada rentang 0 mm sampai dengan 16 mm, kondisi vegetasi pada wilayah titik panas adalah kering, kelembaban kurang dari 80%, kecepatan angin maksimum adalah 4 knot, arah angin berada pada rentang 80° sampai dengan 280° , suhu lebih besar dari 27°C , dan jenis vegetasinya adalah semak belukar. Karakteristik area titik panas yang berpotensi tinggi terjadi kebakaran hutan pada wilayah Sumatra adalah wilayah dengan kondisi vegetasi yang kering, cuaca siang cerah, kelembaban kurang dari 17%, kecepatan angin maksimum lebih besar dari 4 knot, arah angin berada pada rentang 50° sampai dengan 270° , suhu berada pada rentang 30°C sampai 32°C , dan curah hujan berada pada rentang 0 mm sampai dengan 0.4 mm.

Saran

Data patroli karhutla memiliki presentase *missing value* yang tinggi dan nilai yang sangat bervariasi pada masing-masing atribut, contohnya atribut jenis vegetasi memiliki 600 nilai berbeda. Hal ini disebabkan tim patroli melaporkan hasil kegiatan patroli karhutla secara manual. Praproses data dilakukan dengan mengambil informasi yang terdapat pada *dataset* lain, bukan informasi riil pada lokasi patroli. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat membuat aplikasi yang memudahkan tim patroli untuk melaporkan hasil kegiatan patroli karhutla. Hal ini bertujuan menghindari nilai yang terlalu bervariasi dari *input* data secara manual dan menghindari jumlah *missing value* yang tinggi pada setiap atributnya. Selain itu, perlu dilakukan verifikasi model klasifikasi potensi karhutla yang dihasilkan pada penelitian ini oleh pakar kebakaran hutan dan lahan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aprita D. 2016. Klasifikasi Kemunculan Titik Panas pada Lahan Gambut di Sumatra dan Kalimantan dengan menggunakan Algoritme Pohon Keputusan C5.0. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Bogoliubova A, Tymkow P. 2014. Accuracy Assessment of Automatic Image Processing for Land Cover Classification of St. Petersburg Protected Area. *Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr.*, 13 (1-2), 5–22.
- Endrawati. 2016. Analisis Titik Panas (Hotspot) dan Areal Kebakaran Hutan dan Lahan. Jakarta (ID): Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Giglio L, Schroeder W, Justice CO. (2016). The collection 6 MODIS active fire detection algorithm and fire products. *Remote Sensing of Environment*, 178, 31-41.
- Han J, Kamber M, Pei J. 2012. *Data Mining: Concepts and Techniques*. Ed ke-3. USA: Morgan Kaufmann.
- Kementrian Kehutanan. 2014. *Statistik Kehutanan Indonesia*. Jakarta: Kementrian Kehutanan.



34

- Kurniawan I. 2017. Sistem Informasi Geografis untuk Analisis dan Visualisasi Data Patroli Titik Panas di Sumatra dan Kalimantan. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [Menhut] Menteri Kehutan. 2009. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.12 Tahun 2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan. Jakarta (ID): Menteri Kehutanan Republik Indonesia.
- [Menhut] Menteri Kehutan. 2016. Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.32 Tahun 2016 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan. Jakarta (ID): Menteri Kehutanan Republik Indonesia.
- Pandya R, Pandya J. 2015. C5.0 Algorithm to Improved Decision Tree with Feature Selection and Reduced Error Pruning. *International Journal of Computer Application.* 117(16): 18-21.
- Patil N, Lathi R, Chitre V. 2012. Customer Card Classification Based on C5.0 & CART Algorithm. *International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA).* Vol 2, Issue 4, July-August 2012, pp.164-167.
- Rulequest. 2012. C5.0: An Informal Tutorial [Internet]. [diakses 2017 November 12]. Tersedia pada: <http://www.rulequest.com/see3-unix.html>.
- Sharmista A, Ramaswami M. 2015. Analysis of Classification Techniques for Mining Reviews Using Lexicon and WordNet Using R. *International Journal of Computational Intelligence and Informatics,* Vol. 5: No. 2, September 2015.
- Siknun GP, Sitanggang IS. 2016. Web-based classification application for forest fire data using the shiny framework and the C5.0 algorithm. *Procedia Environmental Sciences* 33: 332 – 339.
- Sutton CD. 2005. Classification and regression trees, Bagging, and Boosting, *Handbook of statistics*, 24(1): 303-329.
- Tacconi L. 2003. Kebakaran Hutan di Indonesia: Penyebab, Biaya, dan Implikasi Kebijakan. Bogor(ID): CIFOR Occasional Paper No. 38(i).
- Witten HI dan Frank E. 2005. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. Ed ke-2. USA: Morgan Kaufmann.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengelompokan nilai atribut jenis vegetasi

Vegetasi sebelum Dikelompokkan	Vegetasi sesudah dikelompokkan
Karet Tua; Tebangan Karet; Karet tumbang; Batang Karet; Karet tua; Karet	Karet
Karet,Coklat,Merica; Akasia,Karet; Tumbangan Kayu,Karet; Karet,Akasia; Karet,Ranting,Bambu; Karet,Anakan Kayu; Nanas,Karet; Karet,Nanas	Karet dan Pepohonan
Karet,Ilalang; Rumput,Karet; Rumput, Alang-alang; Karet, Alang-alang	Karet dan Rerumputan
Sawit,Karet; Karet,Sawit	Karet dan Sawit
Karet,Semak Belukar; Semak Belukar,Karet; Karet,Belukar; Tebangan Pohon Karet, Semak Belukar	Karet dan Semak Belukar
Karet,Pakis; Pakis,Karet; Karet,Resam; Tajaman Paku,Karet; Karet,Tumbuhan paku; Resam,Karet; Karet,Pakis,Resam; Karet,Resam,Pakis	Karet dan Tumbuhan Paku
Galam,Karet,Sawit,Ilalang	Karet/Pepohonan/Rerumputan
Karet,Sawit,Akasia; Nanas,Sawit,Karet; Sawit,Karet,Akasia,Resam; Sawit,Karet, Nanas; Sawit,Nanas,Karet; Karet,Sawit, Nirah; Sagu,Sawit,Karet; Akasia,Karet, Sawit; Karet,Sawit,Nanas; Sawit,Karet, nanas; Sagu,Karet,Sawit; Sawit,Karet,Sagu; Karet,Sawit,Sagu	Karet/Pepohonan/Sawit
Galam,Karet,Semak Belukar; Karet,Pinang, Semak; Semak Belukar,Karet,Galam; Karet,Akasia,Resam; Semak Belukar, Galam,Karet; sagu,Karet,Semak Belukar, Resam; Karet,Semak Belukar,Anakan Kayu	Karet/Pepohonan/Semak Belukar
Sagu,Pakis,Karet; Karet,Sagu,Pakis; Sagu,Karet,Pakis; Karet,Akasia,Pakis; Tumbangan Pohon,Karet,Pakis	Karet/Pepohonan/Tumbuhan Paku
Karet,Sawit,Ilalang; Sawit,Karet,Ilalang; Sawit,Ilalang,Karet; Karet,Ilalang,Sawit	Karet/Rerumputan/Sawit
Sawit,Karet,Pakis; Sawit,Pakis,Karet; Sawit,Karet,Resam;Karet,Sawit,Resam; Karet, Sawit,Pakis; Sawit,Resam,Karet; Sawit,Karet, Resam,Pakis	Karet/Sawit/Tumbuhan Paku
Sawit,Karet,Semak Belukar; Karet, Sawit,Semak Belukar; Sawit,Semak Belukar,Karet; Semak Belukar,Sawit,Karet; Semak Belukar,Karet,Sawit	Karet/Sawit/Semak Belukar
Karet,Semak Belukar,Pakis; Pakis,Semak Belukar,Karet; Pakis,Karet,Semak Belukar; Karet,Semak Belukar,Resam	Karet/Semak Belukar/Tumbuhan Paku
Akasia; Galam; Pepohonan; Pohon; Pohon Pisang; Sagu; Nanas; Pepohonan,Akasia;	Pepohonan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 lanjutan

Vegetasi sebelum dikelompokkan	Vegetasi sesudah dikelompokkan
Pohon Akasia; Pohon sagu; Pohon galam; pepohonan nanas; pohon akasia; Pohon besar	Pepohonan
Ilalang,Sagu,Rumput; Pohon Kelapa,Ilalang; Pepohonan, Ilalang; Rumput,Ilalang,Akasia; Tunggul,Rumput; Ilalang, Galam; Ilalang, Tunggul Kayu; Rumput,Purun,Galam; Pohon Jambu,Galam, Alang-alang; Akasia,Ilalang	Pepohonan dan Rerumputan
Sawit,Akasia; Sawit,Nanas; Sawit,Bambu; Sawit,Nipah, Mangrove; Nanas,Sawit; Pakis,Sagu; Sawit,Kelapa,Nipah; Akasia,Sawit,Nanas; Sawit,Nanas,Akasia; Galam,Sawit	Pepohonan dan Sawit
Semak Belukar,Akasia; Akasia,Semak Belukar;Semak Belukar, Galam; Nanas, Semak Belukar; Semak Belukar, Pohon Galam; Pohon meranti, Semak Belukar; Pepohonan,Semak Belukar; Semak Belukar, Bambu; Semak Belukar, Perdu, Akasia; Kayu Meranti,Semak Belukar; Kayu tumbangan,Semak Belukar; Pohon meranti,Pohon Mentangur,Semak Belukar; Pohon Meranti, Semak Belukar; Semak Belukar, Galam; Pohon, Semak Belukar; Semak Belukar, PohonAkasia; Pohon Galam, Semak Belukar,Akasia; Semak Belukar, Nanas; Semak Belukar,Galam; Semak Belukar, Galam; Semak Belukar, Galam,Perdu; Galam, Semak Belukar; Pohon Meranti, Mentangur, Semak Belukar; Semak Belukar, Pohon berumbung; Semak Belukar,Akasia	Pepohonan dan Semak Belukar
Akasia,Pakis; Pohon Kayu,Pakis; Nanas, Pakis; Akasia,Pakis, Resam; Pakis,Resam, Akasia; Akasia, Pakis,Resam; Pakis, Akasia; Akasia,Resam; Sagu,Resam; Pepohonan, Resam,Pakis; Pakis,Pohon Kayu;Pepohonan, Pakis, Resam; Pohon Kayu, Resam; Pakis, Resam,Pohon Kayu; Pohon kecil, Resam, Pakis; Galam,Pakis; Pakis,Akasia; Pohon Kayu, Resam; Akasia, Resam,Pakis; Tanaman Paku,Akasia; Resam,Pakis,Pohon Kayu; Pepohonan,Pakis; Kayu-kayu,Pakis; Pakis,Kelapa; Resam, Pakis, Pepohonan	Pepohonan dan Tumbuhan Paku
Ilalang,Akasia,Sawit; Sawit,Ilalang,Akasia; Ilalang,Sawit, Akasia; Sawit,Nanas,Ilalang; Akasia,Sawit,Alang-alang; Ilalang,Sawit, Akasia; Sawit,Akasia, Ilalang;Rumput,Sawit, Pohon Kayu; Sawit,Ilalang,Pohon Kayu;	Pepohonan/Rerumputan/Sawit

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 lanjutan

Vegetasi sebelum dikelompokkan	Vegetasi sesudah dikelompokkan
Sawit,Ilalang,Akasia; Ilalang,Akasia,Sawit; Sawit,Ilalang, Akasia; Sawit,Pinang, Ilalang; Sawit,Nanas,Ilalang; Galam, akasia, ilalang	Pepohonan/Rerumputan/Sawit
Semak Belukar,Galam,Ilalang; Ilalang,Semak Belukar,Akasia; Semak Belukar,Rumput,Ilalang,Akasia; Semak Belukar, Ilalang,Akasia; Semak Belukar,Akasia,Ilalang; Semak Belukar, Ilalang,Akasia; Semak Belukar,Ilalang, Akasia; Semak Belukar,Ilalang,Nanas; Rumput, Ilalang,Semak Belukar,Galam; Ilalang,Semak Belukar,Galam; Semak Belukar, Ilalang,Galam; Semak Belukar, Galam,Ilalang; Ilalang,Belukar,Galam; Ilalang,Galam,Semak Belukar; Semak Belukar,Ilalang,Akasia, Galam; Alang- alang,Belukar,Galam; Rumput,Galam,Semak Belukar; Semak Belukar,Rumput,Galam; Ilalang,Semak Belukar,Akasia	Pepohonan/Rerumputan/Semak Belukar
Ilalang,Pakis,Akasia; Pepohonan, Pakis,Resam,Ilalang; Pakis, Ilalang,Akasia; Ilalang,Resam,Akasia; Alang-alang,Pakis, Pepohonan Kayu Hutan; Akasia, Resam, Ilalang; Alang-alang, Pakis,Akasia; Akasia,Sendayan,Pakis; Pakis,Ilalang, Resam,Sawit,Akasia; Sawit,Resam,Pakis, Ilalang,Akasia; Tanaman Paku,Ilalang, Akasia; Akasia,Ilalang,Resam; Sendayan, Akasia,Pakis; Akasia, Pakis, Sendayan	Pepohonan/Rerumputan/ Tumbuhan Paku
Sawit,Akasia,Semak; Sawit,Sagu,Semak Belukar;Sawit,Nanas, Semak Belukar; Semak Belukar,Nanas,Sawit; Semak Belukar, Akasia,Sawit; Semak Belukar, Sawit,Akasia; Semak Belukar, Sawit,Nanas; Sawit, Akasia,Semak Belukar; Sawit,Akasia, Semak Belukar; Sagu,Sawit,Semak Belukar; Sawit,Semak Belukar,Nanas; Kelapa,Sawit, Semak Belukar	Pepohonan/Sawit/Semak Belukar
Nanas,Sawit,Pakis; Sawit,Pakis,Akasia; Sawit,Resam,Nanas;Sawit,Resam,Pakis, Akasia; Sawit,Akasia,Pakis; Sawit,Resam, Akasia; Sawit,Resam,nanas; Sawit,Pakis, Resam,Akasia;Resam,Pakis,Sawit,Akasia; Resam,Akasia,Sawit; Sawit,Pakis, Pohon Kayu; Sawit,Akasia,Resam,Pakis; Sawit, Akasia,Pakis;Sawit,Pakis,Akasia,Resam; Sawit,Pakis, Akasia; Sawit,Sagu, Resam; Pakis,Sawit, Resam, Pohon Kayu; Sawit, Akasia, Resam;Sawit, Resam,Anakan kayu	Pepohonan/Sawit/Tumbuhan Paku

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Lampiran 1 lanjutan

Vegetasi sebelum dikelompokkan	Vegetasi sesudah dikelompokkan
Pepohonan, Pakis,Sawit; Sawit,Nanas, Resam; Pakis,Sawit,Akasia; Sawit,Pakis, Akasia; Sawit,Resam,Pakis,Nanas; Sawit, Resam,Pakis,Akasia; Sawit,Akasia,Resam	Pepohonan/Sawit/Tumbuhan Paku
Pepohonan,Semak Belukar,Pakis; Semak Belukar,Pakis, Akasia; Akasia,Semak Belukar,Resam; Galam,Pohon Bambu, Semak Belukar; Resam,Akasia, Semak; Akasia, Galam,Semak Belukar; Pakis, Akasia,Semak Belukar; Galam, Pakis,Semak Belukar;Semak Belukar, Resam,Galam; Galam,Semak Belukar,Pakis; Pepohonan, Semak Belukar,Pakis; Resam, Semak Belukar,Akasia;Pohon,Semak,Resam; Pohon Kayu Hutan,Semak Belukar,Resam; Semak Belukar,Pakis, Pepohonan; Resam, Pakis,Belukar,Akasia; Semak Belukar, Pakis,Resam,Galam	Pepohonan/Semak Belukar/ Tumbuhan Paku
Ilalang; Rumput; Rumbai; Ilalang; Ilalang, Sendayan, Rumput,Ilalang; Rumput liar; Purun; Alang-alang, Ilalang; Rumput,Purun; Ilalang,Sendayan. Rumput; Rumput; Rumput Gajah; Ilalang,Rumput Alang-alang	Rerumputan
Sawit,Ilalang; Ilalang,Sawit; Rumput, Sawit; Sawit,Ilalang, Sendayan; Sawit,Alang-alang; Sawit, Ilalang,Senduduk; Sawit,Rumput; Rumput,Alang,Sawit; Sawit, Senduduk, Ilalang; Sawit, Rumput liar; Sawit,Sendayan, Ilalang; Ilalang,Sawit, Sendayan; Sawit, Rumput; Sawit,Sedayan,Ilalang	Rerumputan dan Sawit
Semak Belukar,Ilalang; Ilalang,Semak Belukar;Semak Belukar, Rumput,Ilalang; Semak Belukar, Rumput Gajahan; Semak Belukar, Rumput,Ilalang; Semak Belukar, Alang-alang; Semak Belukar, Rumput; Rumput,Semak Belukar; Semak Belukar, Rumput,Ilalang; Rumput ; Gajah,Semak Belukar;Alang-alang, Semak Belukar; Rumput Gajah,Belukar; Semak Belukar, Rumput Gajah	Rerumputan dan Semak Belukar
Pakis,Ilalang; Ilalang,Pakis; Pakis,Resam, Ilalang;Resam,Pakis, Ilalang; Rumput,Pakis; Ilalang,Resam; Pakis,Ilalang,Resam; Pakis, Ilalang,Sendayan; Ilalang, Pakis,alang-alang; Pakis, Sendayan; Rumput,Ilalang,Pakis; alang,Rumput,Pakis	Rerumputan dan Tumbuhan Paku

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 Lanjutan

Vegetasi sebelum dikelompokkan	Vegetasi sesudah dikelompokkan
Sawit,Semak Belukar,Ilalang; Semak Belukar, Ilalang,Sawit; Ilalang,Semak Belukar,Sawit; Sawit,Ilalang,Semak Belukar; Semak Belukar,Sawit,Ilalang; Sawit,Semak Belukar,Ilalang; Semak Belukar,Ilalang, Sawit; Sawit, Sendayan,Semak Belukar; Ilalang,Sawit,Semak Belukar; Sawit, Sedayan,Ilalang,Semak Belukar	Rerumputan/Sawit/Semak Belukar
Ilalang,Pakis,Sawit;Resam,Ilalang,Sawit; Ilalang,Resam,Sawit;Pakis,Ilalang,Sawit; Pakis,Sawit,Ilalang;Sawit,Resam,Ilalang Sawit,Pakis,Resam,Ilalang;Sawit,Ilalang, Pakis;Ilalang,Sawit, Resam;Sawit,Rumput, Pakis; Ilalang,Sawit,Pakis; Ilalang,Pakis, Sawit,Resam;Resam,Ilalang,Pakis, Sawit; Rumput,Pakis, Sawit;Sawit,Pakis,Ilalang; Sawit,Pakis,Alang-alang,Sendayan; Sawit, Ilalang,Cakarlang,Pakis,Ilalang,Sawit, Resam;Resam,Sawit,Ilalang; Sawit,Pakis, Ilalang,Resam;Sawit,Sendayan,Pakis; Sawit,Pakis, Sendayan;Tanaman Paku,Sawit, Sendayan,Pakis, Resam,Sawit,Sendayan; Sawit,Pakis,Sendayan; Resam,Senayan, Sawit; Sawit,Sendayan,Pakis; Rumput,Pakis, Sawit,Ilalang; Sawit,Pakis,Ilalang;Sawit, Sendayan,Resam; Sawit,Pakis,Alang-alang; Ilalang,Resam,Sawit,Pakis; Sawit,Paku-pakan,Ilalang; Pakis,Sawit,Ilalang,Resam; Sawit,Ilalang,Resam,Pakis; Pakis, Senayan, Sawit; Sawit,Resam,Sendayan	Rerumputan/Sawit/Tumbuhan Paku
Semak Belukar,Pakis,Ilalang; Ilalang, Belukar,Pakis;Pakis,Semak Belukar,Ilalang; Semak Belukar,Rumput,Pakis;Semak Belukar,Ilalang,Pakis; Ilalang,Pakis,Semak Belukar; Semak Belukar,Ilalang,Resam; Rumput,Pakis,Semak;Semak Belukar, Ilalang,Pakis; Sawit,Pakis,Semak Belukar, Ilalang; Semak Belukar,Ilalang,Resam, Rumput Gajah; Semak Belukar,Rumput, Ilalang, Pakis; Rumput,Pakis, Sawit, Ilalang; Sawit, Perkebunan Sawit, Tumbuhan Sawit	Rerumputan/Semak Belukar/ Tumbuhan Paku
Sawit,Semak Belukar; Semak Belukar,Sawit; Sawit,Belukar; Semak Belukar,Kebun Sawit	Sawit dan Semak Belukar
Sawit,Resam; Sawit,Resam; Sawit, Resam, Pakis; Resam,Sawit,Pakis; Kebun Sawit, Pakis,Resam	Sawit dan Tumbuhan Paku

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Lampiran 1 lanjutan

Vegetasi sebelum dikelompokkan	Vegetasi sesudah dikelompokkan
Sawit,Pakis; Sawit,Pakis,Resam; Sawit, Resam,Pakis; Pakis, Sawit; Sawit,Resam; Resam,Pakis,Sawit; Sawit,Pakis; Resam, Sawit; Tanaman Paku,Sawit; Pakis, Sawit, Resam; Pakis,Resam,Sawit; Sawit,Resam, Pakis; Pakis,Sawit,Pakis,Resam	Sawit dan Tumbuhan Paku
Sawit,Semak Belukar,Pakis;Semak Belukar, Pakis,Sawit;Sawit,Pakis,Semak Belukar; Sawit,Pakis,Belukar; Sawit,Semak Belukar, Resam; Semak Belukar,Sawit,Pakis; Sawit, Pakis,Semak Belukar,Resam; Pakis,Semak Belukar,Sawit; Pakis,Semak Belukar,Pakis-Sawit; Semak Belukar,Pakis,Resam,Sawit; Sawit,Belukar,Pakis; Sawit,Belukar,Resam; Sawit,Semak Belukar,Tumbuhan Paku; Semak Belukar,Sawit,Pakis,Resam; Resam,Sawit,Semak Belukar	Sawit/Semak Belukar/Tumbuhan Paku
Semak Belukar; Belukar	Semak Belukar
Semak Belukar,Pakis; Pakis,Semak Belukar; Semak Belukar, Resam; Semak Belukar,Pakis,Resam; Pakis,Semak Belukar, Resam;Semak Belukar,Resam,Pakis;Semak Belukar,Resam; Semak Belukar,Pakis; Tanaman Paku,Semak Belukar; Semak Belukar,Pakis	Semak Belukar dan Tumbuhan Paku38
Resam; Pakis; Resam, Pakis; Pakis, Resam	Tumbuhan Paku

Lampiran 2 Model berbasis aturan fold 5 dataset Kalimantan

```

Rule 58: (90/1, lift 6.3)
kondisiveg = kering
kelembaban <= 80
curah_huja > 0
curah_huja <= 16
cuaca_sore in {berawan, cerah}
kec_anginm > 4
-> class tinggi [0.978]

Rule 59: (40, lift 6.2)
kondisiveg = kering
vegetasi in {Galam/Rerumputan/Semak Belukar ,
Semak Belukar dan Tumbuhan Paku, Pepohonan,
Pepohonan dan Tumbuhan Paku, Purun,
Karet/Semak Belukar/Tumbuhan Paku,
Rerumputan dan Tumbuhan Paku, Rerumputan,
Galam/Semak Belukar/Tumbuhan Paku,
Pepohonan dan Rerumputan, Tumbuhan Paku}
kelembaban <= 80
curah_huja <= 0
cuaca_sore in {berawan, cerah}
arah_angin > 80
kec_anginm > 4
-> class tinggi [0.976]

Rule 60: (40, lift 6.2)
kondisiveg = kering
kelembaban > 90
curah_huja > 16
curah_huja <= 49
arah_angin > 80
-> class tinggi [0.976]

Rule 61: (48/2, lift 6.0)
kondisiveg = kering
suhu <= 27
kelembaban <= 88
curah_huja <= 35
arah_angin > 80
arah_angin <= 280
kec_anginm <= 3
-> class tinggi [0.940]

```

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 2 Lanjutan

Rule 62: (14, lift 6.0)	Rule 71: (5, lift 5.5)
kondisiveg = kering	kondisiveg = kering
suhu > 27	suhu <= 26
kelembaban > 80	kelembaban <= 90
curah_huja <= 7	cuaca_pagi = mendung
cuaca_pagi = cerah	arah_angin > 290
arah_angin > 80	-> class tinggi [0.857]
arah_angin <= 130	
-> class tinggi [0.938]	
Rule 63: (14, lift 6.0)	Rule 72: (5, lift 5.5)
kondisiveg = basah	kondisiveg = basah
suhu <= 26	suhu > 26
kec_anginm > 3	kelembaban <= 59
-> class tinggi [0.938]	curah_huja > 0
Rule 64: (10, lift 5.9)	-> class tinggi [0.857]
kondisi = rawan karhutla	Rule 73: (11/1, lift 5.4)
suhu > 30	kondisiveg = kering
arah_angin > 80	vegetasi in {semak Belukar dan Tumbuhan Paku}
kec_anginm > 7	suhu > 27
-> class tinggi [0.917]	kelembaban > 80
Rule 65: (8, lift 5.8)	curah_huja <= 49
kondisiveg = basah	cuaca_pagi = cerah
curah_huja > 2	arah_angin > 80
curah_huja <= 14	arah_angin <= 330
arah_angin > 80	-> class tinggi [0.846]
arah_angin <= 110	
-> class tinggi [0.900]	
Rule 66: (7, lift 5.7)	Rule 74: (4, lift 5.3)
suhu > 25	vegetasi in {Galam/Rerumputan/Semak Belukar ,
suhu <= 27	suhu <= 27
cuaca_pagi = mendung	kelembaban <= 90
arah_angin <= 290	curah_huja <= 0
kec_anginm > 3	arah_angin > 290
-> class tinggi [0.889]	-> class tinggi [0.833]
Rule 67: (6, lift 5.6)	Rule 75: (4, lift 5.3)
suhu <= 27	vegetasi = Pepohonan dan Semak Belukar
kelembaban <= 90	suhu > 27
curah_huja <= 0	kelembaban > 81
cuaca_pagi = cerah	kelembaban <= 82
arah_angin > 290	arah_angin > 130
kec_anginm > 3	kec_anginm <= 7
-> class tinggi [0.875]	-> class tinggi [0.833]
Rule 68: (6, lift 5.6)	Rule 76: (49/8, lift 5.3)
kondisiveg = kering	kondisiveg = kering
kondisi in {bekas karhutla	vegetasi in {Semak Belukar dan Tumbuhan
kelembaban > 90	Pepohonan dan Tumbuhan Paku
curah_huja <= 49	Tumbuhan Paku}
arah_angin > 80	kelembaban <= 80
kec_anginm <= 4	curah_huja <= 1
-> class tinggi [0.875]	-> class tinggi [0.824]
Rule 69: (14/1, lift 5.6)	Rule 77: (3, lift 5.1)
kondisiveg = kering	kelembaban > 83
kelembaban > 88	arah_angin <= 110
curah_huja <= 0	kec_anginm > 6
arah_angin > 80	-> class tinggi [0.800]
arah_angin <= 290	
kec_anginm > 3	
-> class tinggi [0.875]	
Rule 70: (29/3, lift 5.6)	Rule 78: (3, lift 5.1)
kondisiveg = kering	kondisiveg = sedang
kelembaban > 75	dlm_gambut = 100-200
kelembaban <= 80	vegetasi in {Rerumputan dan Semak Belukar
arah_angin <= 240	suhu <= 29
kec_anginm > 5	curah_huja > 0
-> class tinggi [0.871]	arah_angin > 80
	-> class tinggi [0.800]
Rule 79: (6/1, lift 4.8)	Rule 79: (6/1, lift 4.8)
kondisiveg = basah	kondisiveg = basah
dlm_gambut = 100-200	dlm_gambut = 100-200
kondisi = bekas karhutla	kondisi = bekas karhutla
kelembaban <= 59	kelembaban <= 59
-> class tinggi [0.750]	-> class tinggi [0.750]
Rule 80: (2, lift 4.8)	
suhu <= 25	
cuaca_sian = mendung	
arah_angin <= 80	
-> class tinggi [0.750]	

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 3 Model berbasis aturan fold 5 dataset Sumatra

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

```

Rule 62: (17, lift 3.5)
dlm_gambut = 50-100
kelembaban <= 71
cuaca_sore = mendung
arah_angin > 30
-> class tinggi [0.947]

Rule 63: (16, lift 3.5)
kondisiveg = basah
suhu > 30
suhu <= 32
kelembaban > 56
cuaca_sian = cerah
arah_angin > 50
arah_angin <= 270
-> class tinggi [0.944]

Rule 64: (15, lift 3.5)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400, :}
vegetasi = Sawit dan Tumbuhan Paku
curah_huja <= 24
cuaca_sian = mendung
cuaca_sore = mendung
arah_angin > 170
-> class tinggi [0.941]

Rule 65: (12, lift 3.4)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {100-200, 50-100}
vegetasi in {Pepohonan/Rerumputan/Sawit,
Sawit/Semak Belukar/Tumbuhan
Karet/Semak Belukar/Tumbuhan
Semak Belukar dan Tumbuhan
Karet/Sawit/Semak Belukar}
kelembaban <= 81
-> class tinggi [0.929]

Rule 66: (12, lift 3.4)
kondisiveg = kering
vegetasi = Pepohonan/Rerumputan/Sawit
cuaca_sian in {mendung, berawan, cerah}
-> class tinggi [0.929]

Rule 67: (32/2, lift 3.4)
kondisiveg = kering
vegetasi = Sawit dan Tumbuhan Paku
suhu > 29
kelembaban <= 81
-> class tinggi [0.923]

Rule 68: (11, lift 3.4)
kondisiveg = kering
vegetasi = Semak Belukar
cuaca_sore = berawan
-> class tinggi [0.923]

Rule 69: (10, lift 3.4)
kondisiveg = basah
suhu > 28.5
curah_huja > 57.5
cuaca_sian = cerah
-> class tinggi [0.917]

Rule 70: (10, lift 3.4)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400,
vegetasi = Rerumputan dan sawit
kelembaban > 59
kec_anginm > 4
-> class tinggi [0.917]

Rule 71: (9, lift 3.4)
kondisiveg = basah
kelembaban > 56
cuaca_sian = cerah
arah_angin > 50
arah_angin <= 120
-> class tinggi [0.909]

Rule 72: (19/1, lift 3.3)
kondisiveg = basah
dlm_gambut in {100-200, tidak tersedia}
kelembaban > 56
kelembaban <= 70
cuaca_sian = cerah
cuaca_sore in {mendung, cerah}
arah_angin > 50
arah_angin <= 310
-> class tinggi [0.905]

Rule 73: (19/1, lift 3.3)
kondisiveg = kering
vegetasi = Sawit dan Tumbuhan Paku
kelembaban > 77
cuaca_sian = berawan
-> class tinggi [0.905]

Rule 74: (8, lift 3.3)
kondisiveg = kering
dlm_gambut = > 400
vegetasi = Semak Belukar
kelembaban > 76
cuaca_sore = mendung
-> class tinggi [0.900]

Rule 75: (18/1, lift 3.3)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400,
vegetasi = Sawit dan semak Belukar
suhu > 27.9
curah_huja <= 0.4
-> class tinggi [0.900]

Rule 76: (25/2, lift 3.3)
kondisiveg = kering
vegetasi = sawit/Semak Belukar/Tumbuhan
kelembaban <= 79
-> class tinggi [0.889]

Rule 77: (107/12, lift 3.3)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400, 200-
vegetasi in {Pepohonan/Sawit/Semak Belukar
Pepohonan dan Tumbuhan Paku,
Pepohonan/Rerumputan/Tumbuhan
Rerumputan/Sawit/Tumbuhan
Pepohonan/Semak Belukar/
Karet/Sawit/Tumbuhan Paku,
Pepohonan dan Rerumputan}
-> class tinggi [0.881]

Rule 78: (6, lift 3.2)
kondisiveg = kering
dlm_gambut = > 400
vegetasi = Sawit
suhu <= 32
cuaca_sian in {mendung, berawan}
-> class tinggi [0.875]

Rule 79: (6, lift 3.2)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400, 200-
vegetasi = Rerumputan dan Tumbuhan Paku
cuaca_sore = cerah
kec_anginm > 2
-> class tinggi [0.875]

Rule 80: (5, lift 3.2)
kondisiveg = kering
vegetasi = Rerumputan
arah_angin > 250
-> class tinggi [0.857]

Rule 81: (16/2, lift 3.1)
kelembaban > 93
curah_huja > 13.9
cuaca_sore = mendung
kec_anginm > 5
-> class tinggi [0.833]

Rule 82: (4, lift 3.1)
vegetasi = Pepohonan dan Tumbuhan Paku
suhu <= 28
cuaca_pagi in {mendung, hujan}
-> class tinggi [0.833]

```

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak Cipta Milik IPB Institut Pertanian Bogor

Lampiran 5 Lanjutan

```

Rule 83: (16/2, lift 3.1)
kondisiveg = kering
dlm_gambut = > 400
vegetasi = Semak Belukar
suhu <= 27.5
-> class tinggi [0.833]

Rule 84: (10/1, lift 3.1)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400,
vegetasi = Rerumputan dan Sawit
kelembaban > 59
cuaca_sian = berawan
-> class tinggi [0.833]

Rule 85: (4, lift 3.1)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400}
vegetasi = Rerumputan/Sawit/Semak Belukar
cuaca_sian = cerah
-> class tinggi [0.833]

Rule 86: (3, lift 3.0)
kondisiveg = basah
vegetasi = Pepohonan
cuaca_sian = mendung
arah_angin > 330
-> class tinggi [0.800]

Rule 87: (3, lift 3.0)
vegetasi = Pepohonan/Rerumputan/Tumbuhan Paku
cuaca_sian = cerah
-> class tinggi [0.800]

Rule 88: (3, lift 3.0)
kondisiveg = kering
dlm_gambut = 100-200
vegetasi = Karet dan Sawit
cuaca_sian = cerah
-> class tinggi [0.800]

Rule 89: (3, lift 3.0)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {100-200, 50-100}
suhu <= 26
-> class tinggi [0.800]

```

```

Rule 90: (3, lift 3.0)
kondisiveg = kering
dlm_gambut = 200-400
vegetasi = Semak Belukar
-> class tinggi [0.800]

Rule 91: (22/4, lift 2.9)
kondisiveg = kering
vegetasi = Rerumputan/Sawit/Tumbuhan Paku
kelembaban <= 81
cuaca_pagi in {mendung, hujan, cerah}
-> class tinggi [0.792]

Rule 92: (12/2, lift 2.9)
kondisiveg = kering
vegetasi = Sawit dan Semak Belukar
suhu > 31
-> class tinggi [0.786]

Rule 93: (7/1, lift 2.9)
kondisiveg = kering
dlm_gambut in {tidak tersedia, > 400, 200-400}
vegetasi = Tumbuhan Paku
kelembaban <= 86
-> class tinggi [0.778]

Rule 94: (235/76, lift 2.5)
kondisiveg = kering
tanah = mineral
-> class tinggi [0.675]

Rule 95: (15/5, lift 2.4)
dlm_gambut in {100-200, 50-100}
vegetasi = Sawit
kelembaban <= 81
cuaca_sian = cerah
-> class tinggi [0.647]

Rule 96: (63/22, lift 2.4)
kondisiveg = basah
dlm_gambut = 50-100
suhu <= 28.2
cuaca_sore in {hujan, mendung}
-> class tinggi [0.646]

```

Lampiran 4 Confusion matrix model pohon keputusan dataset Kalimantan

Fold 1

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	105	7	1
Sedang	9	118	3
Tinggi	0	3	41

Fold 2

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	102	4	2
Sedang	10	122	2
Tinggi	1	2	41

Fold 3

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	103	12	4
Sedang	6	114	2
Tinggi	4	1	38

Fold 4

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	108	7	4
Sedang	5	117	3
Tinggi	0	4	38

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a.

Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 4 Lanjutan

Fold 5

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	104	5	3
Sedang	8	122	2
Tinggi	1	1	40

Fold 7

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	103	5	3
Sedang	6	118	4
Tinggi	4	5	38

Fold 9

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	106	11	3
Sedang	7	115	7
Tinggi	0	2	35

Fold 6

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	100	5	2
Sedang	9	118	1
Tinggi	4	4	41

Fold 8

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	106	6	1
Sedang	7	117	5
Tinggi	0	4	38

Fold 10

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	104	10	2
Sedang	10	114	3
Tinggi	0	4	40

Lampiran 5 Confusion matrix model pohon keputusan dataset Sumatra

Fold 1

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	81	15	4
Sedang	5	58	8
Tinggi	4	4	50

Fold 3

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	85	13	3
Sedang	4	62	10
Tinggi	1	2	49

Fold 5

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	81	9	6
Sedang	7	65	4
Tinggi	2	3	52

Fold 7

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	76	12	3
Sedang	11	61	8
Tinggi	3	4	51

Fold 2

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	83	15	4
Sedang	6	59	8
Tinggi	1	3	50

Fold 4

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	83	18	6
Sedang	6	55	7
Tinggi	1	4	49

Fold 6

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	81	13	2
Sedang	6	61	7
Tinggi	3	3	53

Fold 8

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	79	14	5
Sedang	9	60	10
Tinggi	2	3	47

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

3. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mendapat persetujuan tertulis dari penulis.

4. Dilarang

5. Dilarang

6. Dilarang

7. Dilarang

8. Dilarang

9. Dilarang

10. Dilarang

11. Dilarang

12. Dilarang

13. Dilarang

14. Dilarang

15. Dilarang

16. Dilarang

17. Dilarang

18. Dilarang

19. Dilarang

20. Dilarang

21. Dilarang

22. Dilarang

23. Dilarang

24. Dilarang

25. Dilarang

26. Dilarang

27. Dilarang

28. Dilarang

29. Dilarang

30. Dilarang

31. Dilarang

32. Dilarang

33. Dilarang

34. Dilarang

35. Dilarang

36. Dilarang

37. Dilarang

38. Dilarang

39. Dilarang

40. Dilarang

41. Dilarang

42. Dilarang

43. Dilarang

44. Dilarang

45. Dilarang

46. Dilarang

47. Dilarang

48. Dilarang

49. Dilarang

50. Dilarang

51. Dilarang

52. Dilarang

53. Dilarang

54. Dilarang

55. Dilarang

56. Dilarang

57. Dilarang

58. Dilarang

59. Dilarang

60. Dilarang

61. Dilarang

62. Dilarang

63. Dilarang

64. Dilarang

65. Dilarang

66. Dilarang

67. Dilarang

68. Dilarang

69. Dilarang

70. Dilarang

71. Dilarang

72. Dilarang

73. Dilarang

74. Dilarang

75. Dilarang

76. Dilarang

77. Dilarang

78. Dilarang

79. Dilarang

80. Dilarang

81. Dilarang

82. Dilarang

83. Dilarang

84. Dilarang

85. Dilarang

86. Dilarang

87. Dilarang

88. Dilarang

89. Dilarang



Lampiran 5 Lanjutan

Fold 9

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	84	13	2
Sedang	5	59	9
Tinggi	1	5	51

Fold 10

Prediksi	Aktual		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Rendah	79	11	4
Sedang	10	63	8
Tinggi	1	3	50

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



46

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Cirebon Provinsi Jawa Barat pada tanggal 12 Januari 1997. Penulis adalah anak kedua dari empat bersaudara, anak dari pasangan Bapak Iwan Laksmana dan Ibu Lita Septelina. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 77 Jakarta pada tahun 2011 hingga 2014, kemudian penulis melanjutkan pendidikan perguruan tinggi di Departemen Ilmu Komputer IPB melalui jalur SNMPTN Undangan. Penulis berpengalaman menjadi asisten praktikum mata kuliah Basis Data pada tahun ajaran 2016-2017, Komputasi Numerik pada tahun ajaran 2016-2017, dan Data Mining pada tahun ajaran 2017-2018. Penulis mendapat beasiswa prestasi dari PT. Pembangunan Jaya pada tahun 2016. Penulis berpengalaman di bidang organisasi kemahasiswaan, yaitu Staf Divisi *Liaison Officer* pada Explo Science 2017. Pertengahan tahun 2017, penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapang di PT. Media Indonusa (Faspay) Jakarta. Tanggal 2 Mei 2018, penulis menjadi pemakalah pada Seminar Nasional Ilmu Komputer.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.